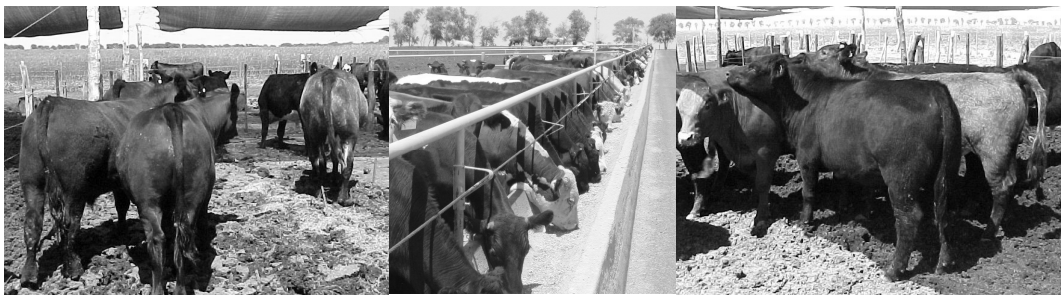
Feedlot

Alimentación, diseño y manejo



Aníbal J. Pordomingo

EEA "Guillermo Covas" INTA Anguil
Facultad de Ciencias Veterinarias
UNLPam
2013

Prefacio

Esta pubicación pretende ofrecer a profesionales, produtores y estudiantes elementos para la formulación de la alimentación en engorde a corral de bovinos, la ubicación y diseño de las instalaciones de acuerdo a pautas de buena gestión de los recursos y el ambiente, el manejo y la sanidad del animal. Se ha compilado información considerada relevante para la aplicación directa en los planteos de alimentación a corral en Argentina.

Se han combinado resultados de ensayos experimentales, experiencias comerciales y recomendaciones de especialistas para poner a disposición de los interesados el mayor grado de detalle posible. Se hace una amplia discusión de la utilización de los granos, en particular del grano entero de maíz, los suplementos proteicos y los oferertes de fibra. Se plantea la diferencia entre las dietas de recría y de terminación y las diferencias de requerimientos de las categorías de tipo liviano (terneros y vaquillonas) con las de tipo pesado (novillos).

Se realizan sugerencias sobre la ubicación y el diseño de las instalaciones, para incorporar los conceptos de buena gestión del ambiente, de la salud y del bienestar animal. Se introducen los componentes de diseño para la contención y manejo de efluentes líquidos y sólidos..

Dr. Anibal J. Pordomingo
Ing. Agr., MS, PhD
Producción Animal
INTA Anguil
Fac. Ciencias Veterinarias UNLPam

Agradecimientos

Agradezco la colaboración de las instituciones que apoyaron la realización de esta publicación. Sin el apoyo de la Estación Experimental de INTA Anguil, no habría sido posible contar con el tiempo y los recursos para recopilar y publicar este material. Hago extensivo el mayor agradecimiento también a todos los productores y colegas de la actividad privada que acercaron sus opiniones, comentarios, inquietudes y experiencias en los aspectos prácticos del día a día del negocio del engorde a corral.

Deseo también hacer público mi reconocimiento al personal de apoyo del grupo de Producción Animal de la Estación Experimental de INTA Anguil que han cargado con el trabajo de campo de los varios ensayos que nos permitieran complementar esta publicación con información local. Sin su permanente compromiso es imposible la concreción de la experimentación necesaria para sostener los conceptos aquí vertidos. En el mismo tenor, se quiere destacar el permanente apoyo de INTeA SA en INTA Anguil en la provisión de insumos y animales para la realización de los mencionados ensayos.

Aníbal J. Pordomingo

Índice

El feedlot en Argentina 9

1. Categoría animal 11
Terneros y vaquillonas 11
Novillos 11
Frame 12
El sexo 12

2. Alimentación 13
El grano 13
Granos secos 15
Maíz entero 17
Granos húmedos 18
Más de un tipo de grano 20
La fibra 21
Silajes 24
El concentrado proteico 27
Nitrógeno no proteico 33
Minerales y vitaminas 35
Ionóforos y protectores de la fermentación 36
El acostumbramiento 37
El consumo y la forma de alimentación 40
Alimentación restringida 41
Bibliografía 108

3. Diseño 117
El sitio y los corrales 117
Régimen hídrico, suelos y topografía 117
Proximidad a recursos hídricos superficiales y otras áreas sensibles 118
Incidencia de vientos 118
Las pendientes y el piso 119
Los comederos 120
Los bebederos 123
Lomas o dormideros en los corrales 123
Sombra 124
Otras protecciones 125
Calles de alimentación 126
Calles de los animales 126
Corrales de recepción 127
Corrales de enfermería 127
Estructuras de captura y manejo de efluentes líquidos y estiércol 128
Manejo de líquidos 128
Area de captura y drenajes 128
Sistema de sedimentación 131
Sistema de almacenamiento 134
Sistema de evaporación 138
Sistemas alternativos para el manejo de los efluentes 139
Manejo del estiércol 142
Acumulación 143
Alomado en el corral 143
Limpieza de los corrales 144

Atrincherado fuera de los corrales 145
Monitoreo de la composición del estiércol 146
Compostaje 146
Fertilización con líquidos y estiércol 147
Riego con efluentes líquidos 147
Abonado con estiércol 150
Manejo de animales muertos 153
Bibliografía 154

4. El estrés y las instalaciones 157
El principio del bajo estrés 157
Aspectos del diseño de mangas y corrales 158
Alternativas para la distracción y escape 160
Toriles y mangas curvos 160
Rampas o pendientes 163
Interiores de mangas y corrales 163
Los colores de las instalaciones 163
Paneles desmontables en la manga 164
La disposición de la manga 164
El diseño de los corrales de manejo 164
Elementos de distracción 164
Ruidos intimidatorios 164
Rutinas 165
El impulso animal 166
Adecuación de las prácticas al bajo estrés 167
Bibliografía 169

El feedlot en Argentina

El engorde en corrales lleva 20 años en el país como una alternativa de producción de carne bovina con diversos objetivos. En algunos casos es utilizado para convertir granos a carne si económicamente la conversión es factible, y en otros se lo incluye en el conjunto del sistema de producción para liberar lotes, eliminar cultivos forrajeros de las rotaciones de suelos, incrementar la carga y cantidad de animales, asegurar la terminación y la salida, la edad a faena, manejar flujos financieros, diversificar la producción, etc. Estos modelos combinados de un emprendimiento mayor, que involucran recursos propios de la empresa (granos, subproductos y animales), y estrategias comerciales y financieras son los que han encontrado un espacio en el sector y están remodelando la ganadería argentina.

La alimentación de bovinos a corral en Argentina se caracteriza por ser de estructuras básicas y de baja inversión, de escala pequeña (pocos animales) y de características estacionales (preferentemente de invierno y primavera). Geográficamente han proliferado los engordes a corral en la región pampeana, con expansión hacia las regiones extra-pampeanas, en particular el nor-oeste argentino, siguiendo la expansión de la producción de granos y de sub-productos. El feedlot se ha adecuado a la demanda para el mercado interno por lo que genera animales livianos, de bajo nivel de engrasamiento (comparado con los generados en otros países que producen para mercados globales). Con las características propias, los encierres de Argentina se encuentran en las primeras etapas de su desarrollo. Las dietas de engorde son simples, de poco o nada procesamiento de insumos y duraciones cortas (45 a 90 días).

Para iniciar un emprendimiento de alimentación a corral para recría o engorde es conveniente planificar el proceso enmarcado en la empresa. Las primeras definiciones pasan el ojetivo de producción (objeto en la empresa, restricciones y oportunidades), le seguirán el tipo de animal y la cantidad de animales a alimentar. Luego hay que resolver aspectos relacionados con la ubicación en el campo, el tipo alimento y su suministro. Estos dos últimos son frecuentemente los condicionantes más relevantes del planteo en términos físicos y económicos. Es importante tener en cuenta los aspectos del diseño que puedan afectar la calidad del proceso de producción, en particular el diseño de las instalaciones y el manejo de las excretas. Estos factores pueden condicionar la gestión productiva en el mediano y largo plazo. Incluso, estos factores pueden poner límites de escala o de localización regional, local y predial. Los efectos ambientales, antes menos visibles por la sociedad, son de interes creciente por lo que las condiciones para la producción intensiva serán una componente central de la factibilidad del negocio. Finalmente, conocer los riesgos sanitarios y la terapéutica de animales confinados es central. Estos escenarios de alta densidad de animales generan condiciones predisponentes para la expresión de enfermedades.

En los capítulos siguientes se abordan las temáticas centrales al diseño y manejo de la alimentación a corral de bovinos para carne. Se pretende que los mismos sean un resumen de información de origen nacional e internacional que pueda ser de utilidad para elaborar dietas, ubicar corrales, diseñar instalaciones y gestionar la producción en el contexto argentino. En el capítulo de alimentación en particular se hace el esfuerzo de proveer información en cuadros de la investigación y experimentación que de otra manera se encuentra dispersa, por lo que la información contenida en los cuadros excede a la discutida en el texo.

1. Categoría animal

La elección de la categoría a engordar depende de la naturaleza del negocio. Las categorías más jóvenes y livianas, terminadas rápidamente, con pesos bajos pero de gordura adecuada para el mercado al que se destina, son las más rentables en el escenario económico argentino por su mayor eficiencia de conversión de alimento a aumento de peso. Sin embargo, las categorias más grandes pueden tener justificación en el contexto de un sistema de producción semi-pastoril con alta carga animal o planteos mixtos (agrícolo-ganaderos) de alta producción. También estas categorías son las del tipo de exportación y las que aumentan la eficiencia del procesamiento posfaena.

Teneros y vaquillonas

El encierre de terneros o terneras para producir terneros gordos para faena es el de más rápida evolución o menor duración. En el término de 60 a 90 días es factible terminar este tipo de animal con aumentos diarios de 1 a 1,3 kg/día y dietas basadas principalmente en grano de maíz o mezclas con sorgo (70 a 75%), harina (pellet) de girasol, harina de soja (expellers o pellets de soja (15 a 20%, rollo de forraje de mediana calidad (8%) y un suplemento macro-mineral (2 a 3%) que ofrezca sal, calcio, fósforo, magnesio y micro-minerales, con la adición de un ionóforo (monensina).

Esta categoría (entre los 150 y los 300 kg de peso vivo) convierte en un rango de 4,5 a 5,5 kg de alimento de alto grano (base seca) por kilo de aumento de peso (4,5 a 5,5:1). Es la categoría comercial de mayor eficiencia de conversión de alimento a aumento de peso debido a que, por un lado, el efecto del mantenimiento de toda la masa corporal es menor por lo que puede destinar mayor cantidad de energía consumida al crecimiento y deposición de grasa. Por otro, la composición de la ganancia es de mayor proporción de músculo, hueso y agua que grasa, comparados con animales de mayor edad y peso (ej. novillos en terminación) (Di Marco, 1993).

Es fundamental en esta categoría controlar el nivel proteico de la dieta para no caer por debajo del 15 % de proteína bruta y mantener la oferta de nitrógeno no proteico (ej proveniente de urea) por debajo de un tercio del total del nitrógeno ofrecido. Los oferentes proteicos comunes son el harina de girasol o de soja (pellets o expellers), semilla de algodón, y el afrechillo de trigo. Debe tenerse en cuenta también que los terneros no manejan el nitrógeno con la eficiencia de los novillos o las vacas.

También se debe controlar el nivel de macro minerales (calcio, magnesio y fósforo) ya que si la dieta se basa granos tales como sorgo, maíz, avena y cebada será necesaria su inclusión a través de núcleos u otros oferentes minerales. La conchilla aporta calcio, el fosfato de magnesio, magnesio y fósforo, aunque este último será el menos deficiente. El mismo núcleo deberá aportar también micro-minerales (especialmente cobre, zinc, manganeso, selenio y hierro). Sería conveniente, para definir este núcleo, conocer las particularidades de la zona en lo que respecta a calidad de aguas y carencias o exceso de minerales si el establecimiento produce sus propios insumos (granos, henos y silaje).

Novillos

En novillitos y novillos en engorde a corral las expectativas de aumento de peso son mayores. Es posible lograr aumentos de 1,3 a 1,6 kg de peso vivo por día sobre dietas bien diseñadas. La duración de estos engordes es variable y depende de la edad y el peso de ingreso de los

novillos, pudiendo ser de menos de 60 días como de más de 120. El consumo voluntario es mayor en términos absolutos, pero menor en términos relativos al peso vivlo medio de los animales, que en los engorde de terneros (ver más adelante) y es mayor el gasto energético en mantenimiento de masa corporal. También la composición de la ganancia es energéticamente más cara por la mayor deposición de grasa, por lo que por unidad de aumento de peso, será mayor la cantidad de alimento utilizado en un novillo que en un ternero. La conversión para una misma oferta de energía metabolizable, entonces, es peor en novillos que en novillitos y que en terneros. En los engordes relevados en los planteos comerciales de Argentina los valores frecuentes de índices de conversión se ubican en el rango de 6 a 9 kilos de alimento por kilo de aumento de peso. En la medida en que el peso del animal y nivel de engrasamiento aumentan, empeora el índice de conversión.

Esta categoría es menos exigente en requerimientos de proteína bruta admitiendo un nivel de 12 al 13%, por lo que la fracción de grano puede ser mayor (superior al 70%), aspecto que mejora la oferta energética de la dieta. En dietas secas, de alto contenido de grano, el contenido de heno también podrá ser reducido por debajo del 8% hasta niveles en dietas de terminación del 5%. Siendo generalmente el concentrado proteico el recurso más caro, estas dietas son más baratas que las de terneros por tener una menor proporción del oferente proteico.

Frame

El *frame* o tamaño del animal también puede condicionar la naturaleza del engorde. Animales de *frame* chico (4 o menor) son proclives al sobre-engrasamiento (engrasamiento de subcutáneo, intermuscular y de órganos) en *feedlot* si no se controla la duración del engorde o la concentración energética de la dieta (cantidad de grano). Estos animales se adaptan mejor a los engordes cortos (menos de 90 días) de novillito (380 kg) o ternero gordo (280 kg a faena), que a planteos de novillo más pesado. Su eficiencia de conversión no se diferencia de los de mayor peso adulto y tamaño (mayor frame) en el período inicial del engorde pero empeora relativamente a los otros en la etapa de terminación debido al mayor contenido graso de la composición de la ganancia de peso. Esta es una de las principales diferencias entre los sistemas de engorde de Argentina y los de otros paises con historia en desarrollo y selección de animales adaptados a planteos con terminación a corral sistemática.

El sexo

El sexo (vaquillona, novillo o macho entero) afecta también los resultados. En Argentina, el mercado de vaquillona de *feedlot* exige animales jóvenes que ronda en los 300 a 350 kg de peso vivo. Por su parte, la conversión de alimento a peso vivo es similar en terneros machos o hembras, pero es inferior en la vaquillonas, comparadas con novillos a igual edad. La vaquillona incrementa antes que el novillo la deposición de grasa, por lo que ante una misma dieta y nivel de consumo su ritmo de aumento de peso es menor pero el grado de terminación (cobertura de grasa) es mayor. En evaluaciones experimentales de engordes en el contexto argentino, las vaquillonas alcanzan 30 días antes el engrasamiento de terminación deseado por el mercado y con 50 kg menos de peso que novillos en similares esquemas de alimentación.

2. Alimentación

La composición del alimento a utilizar es el componente central de la definición del costo. Las dietas pueden variar en su grado de complejidad yendo de las más simples que sólo son ingredientes utilizados como ingresan al campo y solamente mezclados con un mixer, hasta aquellas en las que el productor procesa los ingredientes (comúnmente los granos) y compone su propio núcleo vitamínico y mineral.

La mayoría de los planteos actuales en la región prefieren las mezclas simples donde en el campo se mezcla el grano (molido, aplastado o entero) con un concentrado proteico (concentrados comerciales, o subproductos de la industria aceitera como la harina de girasol, de soja o de semilla de algodón), (que a su vez aportan fibra), con un núcleo vitamínico y mineral que provee los macro y micro minerales, a los que se les suma una fuente de fibra larga en forma de rollo, heno (ofrecido entero, desmenuzado o molido) o en forma de ensilajes. Frecuentemente se agrega urea para aportar nitrógeno, promover la producción de proteina ruminal y reducir la necesidad de harinas proteicas.

En el Cuadro 1 pueden observarse algunas dietas comunes en planteos de engorde de terneros (T1 a T5) y de novillos en terminación (N1 a N3) en la región central de Argentina. Estas dietas son simples, propias de una región con escasa diversidad de sub-productos de naturaleza proteica. Puede observarse que, aunque variables en sus componentes, son muy similares en composición nutritiva dentro de cada categoría.

En el Cuadro 2 se resume a manera de referencia la composición proximal y de oferta energética de los principales alimentos utilizados en la conformación de dietas de corral. Los valores consignados son provienen de promedios de determinaciones realizadas sobre muestas recibidas en los laboratorios de INTA y referencias bibliográficas. La utilización de los datos presentados en el cuadro deben ser tomados como orientativos pero para la conformación y ajuste de dietas se deberá proceder al análisis de laboratorio de los insumos debido a la gran variabilidad de la composición de los alimentos. En particular deben analizarse los subproductos agroindustriales húmedos como las burlandas, el gluten feed, las harinas proteicas y los silajes.

El grano

El grano es el componente mayoritario en las dietas de feedlot clásico, comúnmente excede el 65% del total del alimento y define la oferta de energía metabolizable y las características físicas del alimento. El tipo de grano (McCollough et al., 1972; Perry, 1976) y el procesado o la presentación (Rooney y Pflugfelder, 1986; Stock et al., 1987 ab) definen el grado de aprovechamiento. El rumen es, aún en el feedlot con dietas de alto energía (ricas en almidón), el sitio principal de utilización del grano. La fermentación ruminal es el proceso fundamental para generar la energía necesaria para el crecimiento y engorde (Owens et al., 1997). En ese sitio se fermenta la mayor parte de la fracción digestible del grano (60 al 85%) y la mayor proporción del almidón (más del 90%) si ha sido expuesto al licor ruminal (Owens et al., 1997, Huck et al., 1998; Philippeau et al, 1999 a,b; Cooper et al., 2002b).

El grano es fermentado por la flora ruminal, la que obtiene del mismo la energía y nutrientes para su proliferación. La masa microbiana fluye permanentemente desde el rumen hacia el estómago verdadero donde es digerida (digestión ácida). Por ser rica en proteína microbiana su mayor aporte a la nutrición del animal es en la forma de aminoácidos y péptidos, los que son absorbidos en el intestino. La proteína que aporta esa masa microbiana es generalmente de mayor valor biológico (más balanceada y completa para los requerimientos del animal) que la proteína ingerida (Huntington, 1997).

En las dietas de engorde a corral comunes en Argentina la calidad de esa proteína que alcanza el intestino delgado, si se han formulado para cubrir los requerimientos de proteína metabolizable, es suficiente para utilizar la energía metabolizable que tales dietas ofrecen. La mejora de eficiencias por incorporar proteínas de baja degradabilidad ruminal es inexistente o escasa (Pordomingo et al., 2003).

La síntesis de proteína microbiana a partir de fuentes de nitrógeno no proteico es uno de los elementos centrales de la alimentación a corral de bajo costo, donde la proteína bruta de la dieta es de calidad nutritiva muy inferior a la que llega al intestino del bovino. La masa bacteriana es también proveedora de lípidos esenciales -que el animal no puede sintetizar en su metabolismo- y minerales, tomados del alimento pero asociados a proteína bacteriana.

La fermentación ruminal normal ocurre en ausencia de oxígeno. En un medio carente de oxígeno, el proceso degradativo libera energía pero no termina en la formación de agua como producto final sino en la generación de ácidos grasos volátiles. Estos metabolitos son considerados residuales de la fermentación pero son todavía energéticamente ricos, siendo los más importantes el acético, el propiónico y el butírico. También se generan otros ácidos de metabolismo intermedio entre los que debe citarse el ácido láctico (Church, 1988).

De los ácidos grasos principales citados, el acético es el principal precursor de la síntesis hepática de lípidos, componentes de los triglicéridos, y el propiónico es el principal precursor para la generación de glucosa (gluconeogénesis) (Smith y Crouse, 1984). El ácido láctico es más fuerte que los otros y de remoción lenta del medio ruminal. Su acumulación incrementa rápidamente la acidez del rumen –acidifica el medio, torna la absorción de ácidos más lenta y puede generar acidosis, parálisis o coma muscular y el síndrome del empacho.

En las dietas de alto grano (fermemtación preferentemetne amilolítica), el pH ruminal oscila entre 5.0 y 6.0. Luego 2 horas del suministro de alimento o entre 1 y 2 horas de ocurrida la ingesta, se han descripto depresiones del l pH ruminal a valores de 4.5, pero 1 hora más tarde debería ubicarse en valoresde 5 o superiores (Pordomingo et al., 1999b) Esta dinámica de la acides se encuentra regulada con la capacidad buffer de la saliva y el proceso de remosión de ácidos desde el rumen. Si el pH se mantiene por debajo de 5 durante períodos prolongados, mas de 3 horas, la erosión de epitelios, laminitis y degeneración de papilas comienza, aumentan los riesgos de inflamación, abración y lastimado de la dermis con ulceraciones consecuentes e infección.

El intestino delgado es otro sitio de utilización del almidón (Owens et al., 1986). Esa digestión complementaria que puede ocurrir a nivel de tracto digestivo inferior (intestino delgado) hace que la digestibilidad del almidón sea casi completa (92 al 99%) (Waldo, 1973; Philippeau et al., 1999a; Pordomingo at al., 2002). Pero, el tipo de almidón y el procesado del grano tienen una influencia directa sobre la tasa y sitio de digestión (Galyean et al., 1976; Nocek y Tamminga, 1991). Los granos de trigo y cebada poseen un almidón de mayor degradabilidad ruminal que el sorgo y el maíz (Boeto y Melo, 1990; Herrera-Saldana et al., 1990; Waldo, 1973). Estos últimos tienen una estructura proteica entre gránulos que impide la rápida exposición al licor ruminal y retarda el ataque microbiano (Rooney y Pflugfelder, 1986). Entre los maíces podrían citarse diferencias similares al comparar dentados, semi-dentados y duros. Philippeau et al. (1999a) reportó rangos 40.6 a 77.6% de fermentabilidad ruminal del almidón, con los maíces vítreos tipo *flint* en el extremo inferior y los más harinosos tipo *dent* en el superior. Similares resultados fueron obtenidos por Maresca et al. (2002).

Existe siempre, en mayor o menor medida, una fracción de almidón que escapa a la fermentación ruminal y que alcanza el intestino delgado donde puede ser digerida enzimáticamente

y absorbida directamente como monómeros o dímeros de glucosa. El escape de almidón hacia el intestino delgado puede incluso mejorar la eficiencia de utilización de la dieta por su digestión directa (Waldo, 1973; Philippeau et al., 1999a), afectar el sitio de digestión del nitrógeno, y mejorar la eficiencia de conversión de la materia seca (Russell et al., 1981; Streeter et al., 1989). Este mecanismo, sin embargo, es limitado porque la capacidad intestinal para remover almidón de la ingesta es inferior a la de los monogástricos (Huck et al., 1998; Owens et al., 1986; Russell et al., 1981; Swanson et al., 2002).

La capacidad del intestino delgado de digerir almidón no debe ser sobre-estimada, el escape de almidones hacia el intestino grueso promueve la fermentación amilolítica en ese sitio, pero sin posibilidades de remoción de los ácidos grasos volátiles (productos de fermentación) via absorción por la mucosa intestinal. En otras especies esta capacidad está desarrollada (caballos, conejos) pero no así en rumiantes. Solo se absorven en intestino delgado el agua y algunos electrolitos pero no moléculas orgánicas. Esa fermentación genera además importantes cantidades de metano e inchado por gas (distensión) del colon.

La acidificación y distensión del intestino grueso, expuesto a una microflora amilolítica (agresiva) genera imflamación de epitelios, basodilatación, sangrado, erosión y descamado del intestino con disrrupción de la re-absorción de agua (diarrea) y pérdida de electrolitos. En ese escenario, se observan heces líquidas, sanguinolentas (sangre fresca, roja) con epitelio intestinal, frecuentemente claras, amarillas o grices muy claras (si se alimentó con harina de girasol). En heces de algunas horas se puede observar la formación de burbujas. En ese caso es evidente que existe un sustrato de fácil y rápida degradación (almidón) que inicia un proceso de putrefacción con generación de dióxido de carbono, óxidos de azufre y otros gases. Esos gases son atrapados en burbujas que se comienzan a proliferar en la superficie de la deposición.

El procesado de los granos mejora la digestibilidad de la materia seca (del grano) y del almidón (Brenttheurer, 1986), incrementa la tasa de pasaje de la ingesta a lo largo del tracto digestivo (Galyean et al., 1976; McNeill et al., 1976; Theurer, 1986; Huck et al., 1998; Brown et al., 2000b), y mejora el aprovechamiento, en particular de granos pequeños o duros (Perry, 1976; Ewing et al., 1986; Philippeau et al., 1999a). Las formas de procesado son diversas y tienen resultados diferentes según se trate de granos secos o húmedos.

Granos secos

La molienda, el micronizado y el aplastado mejoran la exposición ruminal del almidón en cada tipo de grano (Cooper et al., 2002a,b; Brenttheurer, 1986). El cambio es más significativo en los de endosperma córneo (duros), pero en los de tipo dent (harinosos) la exposición alcanza los valores máximos (Chandrashekar y Kirleis, 1988; Philippeau et al., 1999a,b).

La forma de molido en polvo es de rápida exposición del almidón y degradación completa. Pero, debido a esa rápida exposición, el molido fino es más susceptible de generar acidez ruminal y acidosis, comparado con otras formas. Además, el polvo de granos es fácilmente inhalado y puede provocar infecciones respiratorias. En el caso de los granos vestidos (avena y cebada) el molido también reduce el tamaño de las fracciones fibrosas externas de protección (glumas) a partículas muy finas que por su textura son muy irritantes de epitelios del tracto respiratorio. Este es un motivo por el cual no se recomienda el molido de granos vestidos. El grano de sorgo y los maíces tipo flint (duros, con endosperma córneo) son los que mejor se adaptan a esta forma de procesado. En el caso del sorgo, genera mejores resultados en conversión que las formas partido o entero.

Para reducir los defectos de la forma molida y lograr buena digestibilidad del grano se desarrollaron otros métodos como el micronizado en húmedo, el aplastado (rolado) en seco y el

procesado en copos (*flakes*; grano aplastado, prensado, con humedad y temperatura). Este método transforma al grano en una lámina fina con humedad y produce una gelatinización parcial del almidón. El tamaño de las partículas (láminas, copos o *flakes*) es grande y las láminas no superan 1 a 1,3 mm de espesor. La digestibilidad es muy alta y no se genera polvo que pueda provocar complicaciones respiratorias. Por este método se aporta volumen al alimento al expandir el grano en láminas o "flakes", se logra un consumo homogéneo, alta palatabilidad y baja incidencia de trastornos digestivos. El contacto con el licor ruminal y la fermentación es más homogéneo que en el caso del grano molido (Owens et al., 1997; Swingle et al., 1999). Todos estos atributos hacen posible la formulación de dietas de la mayor concentración energética (más de 85% de grano; Owens et al., 1997). Adicionalmente, sobre esos copos (*flakes*) se absorben o adhieren bien los aditivos líquidos o polvos (sales minerales, vitaminas, ionóforos, etc.). Sin embargo, esta forma de procesado, muy utilizada en EEUU y Canadá, no es común en Argentina por el costo de la inversión en la infraestructura para producir "flakes" y el costo de la energía que insume el proceso.

Otros métodos menos eficientes desde el punto de vista físico pero menos costosos en energía son el aplastado en seco o rolado y el aplastado en húmedo (grano conservado en húmedo con 28 a 30% de humedad - o con humedad reconstituida = agregada). Los feedlots que en Argentina que no usan grano de maíz entero han adoptado alguno de estos métodos. El aplastado o quebrado del grano seco es el más común. La exposición del almidón es mayor que la de los granos ofrecidos enteros, especialmente en el caso del grano de sorgo y maíz el tipo duro Philippeau et al, 1999a). Sin embargo, las diferencias en eficiencia de conversión de estos procesados versus el maíz entero son variables y dependen del tipo de grano de maíz (Philippeau et al., 1999b; Maresca et al., 2002). Si el maíz es de grano grande, dentado o semi-dentado, las diferencias entre procesarlo o no son bajas y no se justifican económicamente. Si es del tipo duro y tamaño chico, el procesado sería conveniente.

En el caso del sorgo el procesado es indispensable (McCollough y Brent, 1972; McNeill et al., 1976; Pordomingo y Juan, 2000). En cereales de invierno del tipo vestido (como la avena y la cebada), el aplastado (sin quebrar o moler) mejora la homogeneidad del consumo y de la fermentación, pero la diferencia en conversión con respecto al uso de sus formas enteras es baja o nula (Morgan y Camping, 1978; Owens et al., 1997; Philippeau et al., 1999a; Wang et al., 2003). Elizalde et al. (2003b) encontraron diferencias a favor de la cebada entera versus la aplastada en novillitos, alcanzando 1,5 vs 1,3 kg de aumento de peso y conversión similares (6:1) (Cuadro 7).

Beauchemin et al. (2001) reportaron altas digestibilidades del grano de cebada presentado en forma molida o aplastada, con un tendencias a mayor grado de digestión ruminal para las formas de procesado intenso (ya sea molido o aplastado), pero las diferencias no resultaron significativas (Cuadro 8). Por su parte el molido redujo la digestibilidad de la fibra (FDA) aportada por el grano, con respecto a la forma aplastada (muy baja de por sí) (Cuadro 9). La dieta base fue de alto grano, compuesta de 86% de cebada aplastada o molida (Cuadro 10). Estos elementos indican que el procesado puede asegurar la buena utilización de esos granos, pero no necesariamente mejorarla.

Los cuadros 3, 4 y 5 resumen resultados de una experiencia reportada por Owens et al. (1997) sobre consumos, aumentos de peso y eficiencias de conversión de engordes de novillos en dietas de alta energía basadas en distintos granos y procesados de los mismos. El procesado en copos y el extrusado favorecieron a algunos granos y no necesariamente a todos en los aumentos de peso o en conversión. Se destaca la performance del maíz entero que se asemejó a las formas extrusada y en copos. Debe mencionarse que los maíces incluidos en estos estudios fueron del tipo *dent* (dentado grande). De la combinación de efectos, la forma de procesado en copos ma-

ximizó la oferta de energía metabolizable de los granos, particularmente del grano de sorgo (Cuadro 7).

Maíz entero

En Argentina se ha difundido el uso del grano entero de maíz por la reducción de costos que implica no procesar el grano. Las eficiencias de conversión logradas en planteos comerciales con grano de buena calidad (buen tamaño) son similares o escasamente peores (8 a 10%) a las logradas con grano molido o aplastado seco, aún en categorías de buen tamaño corporal (novillos). En el mismo ensayo citado de Elizalde et al. (2003b) un tratamiento adicional con grano entero de maíz generó un aumento de 1,6 kg/día y una eficiencia de conversión de 5,3:1 (Cuadro 7).

El tamaño del grano de maíz obliga al animal a la rumia y lo procesa en la masticación en fracciones menores (quebrado) y fracciones aplastadas (maceradas). Pordomingo et al. (2002a) evaluaron la proporción de grano de maíz en heces en una pérdida del 4 al 9% del grano consumido en una dieta de alto grano y baja fibra. Esas pérdidas pueden ser o no de significación dependiendo de las características del feedlot, experimentalmente no han sido detectadas relevantes sobre el aumento de peso y la eficiencia de conversión. Hibberd et al. (1982), Britton et al. (1986), Reinhardt et al. (1998), Loerch y Fluharty (1998a) y Hejazi et al. (1999), indicaron que, por su tamaño y densidad, el grano de maíz dentado o semi-dentado puede ser utilizado entero sin pérdidas de digestibilidad potencial en dietas de alta concentración de energía metabolizable para animales en confinamiento.

Experimentos comparativos de las formas de procesamiento del grano de maíz han encontrado respuestas similares en aumento de peso al comparar dietas basadas en grano de maíz entero versus molido, partido, aplastado o procesado en copos (Guthrie et al., 1992; Mader et al., 1993; Hill et al., 1996; Mabuku et al., 1996; Loerch y Fluharty, 1998a,b; Reinhardt et al., 1998; Hejazi et al., 1999). En algunos casos se han detectado mejoras en la eficiencia de conversión (Secrist et al., 1996 a, b), y en otros un mayor consumo de materia seca en dietas ofrecidas ad libitum (Guthrie et al., 1992; Bartle y Preston, 1992; Murphy et al., 1994b). Todas las experiencias coinciden, sin embargo, en que el tipo de maíz utilizado fue harinoso (floury) del tipo dent (dentado y semi-dentado), y de buen tamaño.

Pordomingo et al. (2004) exploraron el uso del grano entero versus molido en dietas de corral con alto grano (60% de maíz, 29% de harina de girasol, 8% de heno de alfalfa y un núcleo vitamínico y mineral) en terneros de destete precoz (60 a 70 días de vida) sin encontrar diferencias de significación productiva en tres estratos de peso vivo inicial. Los terneros más pequeños utilizaron con igual o mayor eficiencia el grano que los de mayor peso al destete. Los cuadros 22 y 23 resumen la información de aumento de peso, consumo y eficiencia de conversión de los 123 días de ensayo. Se destaca el alto consumo (relativo al peso) de los terneros en todas las etapas del ensayo.

Comparativamente con las categorías más grandes (novillos), los teneros convierten mejor el grano entero de maíz. Depetris et al. (2003) reportaron índices de conversión de 4.2:1 (alimento a aumento de peso) para terneras en dietas con dos tipos de grano de maíz entero (alto oleico y tradicional) y 6.4:1 en novillos con la misma dieta (Cuadro 24), similares a las reportadas por Pordomingo et al. (2004).

En un análisis conjunto de 605 ensayos de alimentación en confinamiento que incluyó información de 22.834 animales, Owens et al. (1997) concluyeron que el potencial del maíz entero para aumento de peso es equivalente al del maíz aplastado en seco o en húmedo, incluso superior al del silaje de grano húmedo, con buenas eficiencias de conversión. Surgió también que la

eficiencia energética (estimada como energía metabolizable) del grano de maíz ofrecido entero es superior al ofrecido aplastado. Entre las explicaciones, se argumentó que:

a) el menor contenido de fibra de las dietas de feedlot que incluyen maíz entero, comparadas con las que utilizan maíz aplastado podría inflar el valor del grano entero por transferir al grano una cualidad propia de toda la dieta, menos fibra (Owens et al., 1997);

b) el grano entero promueve una mayor salivación (mayor efecto fibra efectiva) y mayor pH ruminal con lo que se esperaría una reducción de la acidosis subclínica y un mayor consumo (Britton y Stock, 1986; Stock et al., 1995);

c) los efectos asociativos negativos entre el almidón y la fibra en el rumen podrían ser inferiores en dietas con maíz entero que en dietas con grano aplastado o molido, consecuencia de una mayor estabilidad ruminal (Zinn y Owens, 1983); y

d) si la digestión grano no se afecta, el uso de grano entero promueve a un mayor pasaje de partículas de almidón sin fermentar en el rumen hacia el tracto inferior con una consecuente mejora en la eficiencia de utilización del almidón (Owens et al., 1986).

Granos húmedos

La utilización de granos húmedos (conservados con humedad en un medio anaeróbico (silos) es frecuente en Argentina. La calidad obtenida, determinada en laboratorio o en ensayos de performance animal, ha sido calificada como similar a la de los granos secos (Clark, 1980; Kennelly et al., 1988; Herrera-Saldana et al., 1990; 1997; Juan et al., 1998; Pordomingo y Juan, 2000).

Estudios de los efectos de las formas de grano húmedo sobre el grado y sitio de digestión han detectado incrementos de la degradabilidad. La conservación con humedad (propia a la cosecha o reconstituida previo al ensilado) es una forma de incrementar la fermentabilidad ruminal de granos con almidón de baja solubilidad como el maíz y el sorgo (McNeill et al., 1976; Galyean, 1976; Hibberd et al., 1982; Britton et al., 1986; Stock et al., 1987ab; Nocek y Tamminga, 1991) y la digestibilidad total, pudiendo ofrecerse enteros, excepto en el caso del sorgo. El aplastado asegura la buena utilización del grano y se recomienda aplastar el grano durante el ensilado.

Juan et al. (1998b) encontraron respuestas similares con grano de sorgo húmedo, grano de maíz húmedo o sus combinaciones en dietas diseñadas para aumento de peso controlado, basadas en 40% de grano y 60% de heno de alfalfa (Cuadros 29 y 30). Debe notarse para los aumentos de peso registrados (1,100 kg/día), la flexibilidad de estos dos recursos en su combinación con heno de alfalfa, útil en modelos de alta intensidad en áreas marginales.

Para conservar el grano húmedo sin que se deteriore por putrefacción debemos controlar el desarrollo de microorganismos indeseables (propios de la degradación en presencia de oxígeno) o fermentaciones a pH superiores a 5. El ensilado es la técnica más difundida. Esta técnica aprovecha el desarrollo de acidez por micro-organismos presentes habitualmente en el forraje, cuyo desarrollo se magnifica selectivamente en un medio anaerobio y ácido (el pH común es de 3.8 a 4.5), de fermentación mayoritariamente láctica. Esa fermentación elimina las oxidaciones y fermentaciones de la putrefacción, reduce la tasa de degradación de la materia orgánica y preserva así el material original en el tiempo.

Debido al alto contenido de almidón del sustrato, un quebrado o aplastado parcial o imperfecto alcanza para lograr un ensilaje de grano húmedo de buena calidad. Sin embargo, el

contenido de humedad es importante para lograr que el grano ensile y se estabilice. El rango óptimo sugerido se encuentra entre 28 y 35% de humedad (agua) en el grano, contenidos cerca del 25% están en el límite inferior por debajo del cual la humedad es escasa para favorecer una rápida fermentación láctica que se extienda, difunda, a toda la masa de grano. Esa carencia de humedad también coincide con compactación escasa y espacios sin grano y con aire en la bolsa o *bunker*. En el otro extremo, niveles de agua por encima del 35% no se retienen en la masa del grano y ese excedente de agua tiende a bajar hacia el piso de la bolsa o *bunker*, lavando sustancias ácidas y nutrientes. Entre ambos extremos, el segundo tiene mejores chances de preservar el grano que el primero.

Cuando la generación de ácido láctico es lenta y escasa y la remoción del oxigeno es parcial por falta de compactación, ausencia de almidón o carbohidratos rápidamente fermentecibles, la acidez tarda en desarrollar y el pH en decrecer por debajo de 5, aumentan las fermentaciones butílicas y oxidaciones parciales, el material se mantiene a mayor temperatura debido a esas oxidaciones, cambia de color (torna hacia formas más oscuras), con degradación de azúcares y proteínas y se deteriora progresivamente la calidad. Ese tipo de silajes es menos estable en calidad y palatabilidad y puede limitar el consumo. Si se desarrollan sectores de putrefacción se pueden generar toxinas de orgen fúngico (aflatoxinas, trichotezenes, etc.)

Una técnica alternativa menos utilizada es la conservación en un medio alcalino. Esta opción no requiere de la anaerobiosis necesaria en el silaje y el cambio de color del grano. La masa de grano se puede alcalinizar mediante el agregado de urea (2 al 3 % de la materia seca de grano a conservar) durante la descarga del grano de la tolva o camión que lo transporta recién cosechado. Para esta forma de conservación el contenido de humedad deseable se debería ubicar entre el 30 y el 35% (65 a 70% de materia seca). Se almacena el grano a granel bajo un tinglado, en galpón, o en un silo aéreo con malla metálica o plástica para granos. Con la humedad propia del grano se solubiliza la urea, hidroliza y convierte en amoníaco, el cual da origen a hidróxido de amonio, elevándose el pH 8 o más.

Ese medio alcalino impide el desarrollo de la microflora fúngica y bacteriana responsable de la putrefacción (Ghate y Bilansky, 1981; Russell et al., 1988; Russell y Schmidt, 1993). Es importante que el contenido de humedad no sea inferior al 28%, particularmente en sorgos (Juan et al., 1998a; Pordomingo y Juan, 2000). A niveles de 25% de humedad o inferiores, la difusión del amoníaco es despareja, la alcalinidad lograda no alcanza a pH 8 y la acción sobre el pericarpio del grano es limitada. En ese estado no se eliminan los hongos y en pocos días aparecen sectores de putrefacción que rápidamente toman a la totalidad de la masa de grano (Pordomingo et al., 2002c). Si la disolución de la urea e hidrólisis en amoníaco ha sido adecuada, a los dos o tres días de aplicada la urea, el grano debería mostrar una apariencia húmeda y brillante, untuosa al tacto, que tiñe o mancha con pigmentos del pericarpio (Juan et al., 1998a; Pordomingo y Juan, 2000; Pordomingo et al., 2002c).

En contraposición al ensilado anaeróbico, al no ser exigente en anaerobiosis, esta técnica implicaría un ahorro en la estructura de conservación y facilitaría la tarea de producción de la reserva. Existen antecedentes que indican que el amoníaco también provocaría un ablandamiento del pericarpio del grano, lo que haría innecesaria la molienda o partido del grano para lograr una buena digestión en el bovino (Russell y Schmidt, 1993).

En dietas con 78% de grano de maíz conservado con urea, con grano húmedo ensilado o grano seco (Cuadro 11), Pordomingo et al. (2002b) reportaron consumos, aumentos y eficiencias de conversión similares entre tratamientos para las formas húmedas comparada con la forma seca y molida tanto en vaquillonas como en novillos (Cuadro 12, 13 y 14). En particular, el tratamiento que incluyó el maíz húmedo conservado con urea superó a los otros dos en aumento de peso y eficiencia de conversión (Cuadro 15). El agregado de urea enriqueció de nitrógeno al

grano de maíz (Cuadro 11) y a la dieta por lo que no se agregó urea adicional para completar los requerimientos de proteína bruta (Cuadro 11). En los Cuadros 16 y 17 puede observarse la composición nutritiva de los insumos utilizados y la evolución del contenido de materia seca y del pH del grano conservado con urea. Esta forma de conservación resulta menos estable que la forma de ensilado ácido en anaerobiosis y la preservación por períodos prolongados sería una limitante de esta técnica de conservación.

Aunque el nivel de consumo durante el acostumbramiento y los primeros 50 días resultó superior para los animales con la dieta de grano seco y molido, comparado con el consumo de los tratamientos con granos húmedos (Cuadro 15), los animales se acostumbraron a las dietas húmedas y el menor consumo inicial no se reflejó en menor ritmo de engorde. Por el contrario, dicho efecto fue el responsable de la mejor eficiencia de conversión registrada para las formas húmedas y en especial para el tratamiento que incluyó grano conservado con urea. El olor a amoníaco, los cambios de color (oscurecimiento) y la aparente astringencia de la untuosidad del grano no parecieron afectar el nivel de consumo luego de acostumbrados los animales a la dieta, comparado con el consumo de los animales con grano conservado húmedo ensilado sin urea. La conservación en medio húmedo y alcalino (amoníaco generado a partir de la hidrólisis de la urea) permitió también lograr una alta digestión del grano haciendo innecesario el procesado del mismo cuando se lo ofrece en dietas de alto carga de almidón (78% grano).

En sorgo conservado con urea se encontraron respuestas similares a las observadas en maíz (Juan et al., 1998a; Pordomingo y Juan, 2000), siempre que el grano fuese aplastado previo a ser ofrecido o conservado con quebrado previo (Pordomingo y Juan, 2000). De lo contrario, la pérdida por grano entero no digerido es muy elevada. Estos autores encontraron que para los granos húmedos de sorgo con taninos es insuficiente el efecto erosivo del pericarpio del grano que produce el amoníaco para degradar la cubierta y exponer el almidón a los procesos digestivos (Pordomingo et al., 2003). El grano entero de sorgo resultó en el menor aumento de peso y la peor eficiencia de conversión.

Más de un tipo de grano

La mezcla de granos genera mejor conversión de alimento a aumento de peso (Fulton et al., 1979; Kreikemeier et al., 1987; Stock et al., 1987a,b; Gross et al., 1988). Pordomingo et al. (2002b) reportaron mejor aumento y conversión cuando se agregó grano entero de avena a una dieta basada en grano de maíz. El Cuadro 18 resume la información de la composición de las dietas utilizadas en ese ensayo. En el Cuadro 19 se muestra la composición nutritiva de los ingredientes utilizados y el Cuadro 20 los resultados de producción y eficiencia.

Las tendencias observadas en T3 (Cuadro 20) sugieren que la mezcla de granos de maíz y avena en proporción 80:20 permitiría lograr una mayor performance que cuando se usa grano de maíz solamente. Ello podría justificarse por: a) un mejor balance de calidad de almidones, b) mayor estabilidad en la tasa de fermentación y digestión del alimento, c) el mayor contenido de proteína en el grano de avena y c) la alta fermentabilidad ruminal del grano de avena. Beneficios de las mezclas de almidón de distinto origen han sido reportados por Huck et al. (1998), Kreikemeier et al. (1987), Bock et sl., (1991) y Streeter et al. (1989). Los motivos se centran en los efectos de la mezcla de almidones de diferente tasa de degradabilidad en el rumen y fracciones pasantes hacia el tracto inferior, la complementariedad de la composición de la fracción proteica de los granos, y los efectos sobre la palatabilidad y textura de la dieta.

El almidón del grano de sorgo es el de menor tasa de degradación en el rumen y el de mayor escape a la fermentación ruminal, seguido por el maíz (Hibberd et al., 1982) y luego por los otros granos (avena, cebada, trigo). Estos últimos contienen almidones de mayor degradabilidad ruminal que los de verano (Morgan y Campling, 1978; Phillippeau et al., 1999b). Sin em-

bargo, la variedad o híbrido, en tamaño y el tipo de grano (ej. harinoso o dent y córneo o flint en el maíz), tienen influencia en la degradabilidad ruminal del almidón (Philippeau et al., 1999b; Maresca et al., 2002). La mezcla de almidones de distinta tasa de degradabilidad genera un ambiente ruminal de fermentación más estable, y la fracción de escape permite una absorción de una fuente energética en intestino cuyo rendimiento energético es superior al logrado si fuese totalmente fermentado en rumen.

Por su parte la complementariedad de las fuentes proteicas de los granos aporta un mejor balance de aminoácidos y péptidos en el rumen reduce la dependencia de la síntesis de aminoácidos esenciales en el rumen y mejora la tasa de crecimiento de las poblaciones microbianas (Kennelly et al., 1988; Huck et al., 1998).

La mezcla de texturas de granos en la dieta reduce la presencia de polvos, mejora la toma (aprehensión) por el animal y reduce el rechazo de los granos menos palatables (Huck et al., 1998; Kreikemeier et al., 1987) especialmente cuando se mezclan granos molidos con enteros (Mabuku et al., 1996; Harmon et al., 1987; Lee et al., 1982) (ej. sorgo molido con avena entera; maíz aplastado con avena entera, sorgo molido con maíz aplastado; grano húmedo de maíz entero con maíz molido o sorgo molido; grano húmedo de maíz con avena entera; maíz aplastado con avena aplastada; grano molido de sorgo con trigo entero, granos de maíz aplastado con cebada aplastada; cebada entera y sorgo molido). Entre los granos finos, la cebada aplastada es el que mejor se complementa con las formas procesadas del maíz y del sorgo (molidos, quebrados o aplastados).

La fibra

La fibra en dietas de corral de alto contenido de almidón ejerce un efecto físico o mecánico más que nutritivo. El valor alimenticio de la celulosa (fibra) en esas dietas es muy bajo (Swingle, 1995), principalmente por la baja degradación ruminal que ocurre con esa fracción en dietas de alta proporción de concentrado (Zinn y Owens, 1983). El ambiente ruminal con alta carga de almidón es demasiado ácido (pH = 5,0 a 5,5) para el desarrollo de bacterias celulolíticas en cantidad suficiente para digerir eficientemente la fibra (Pordomingo et al., 1999b). El principal objeto de la fibra en estos casos es el de reducir la tasa de consumo y promover la rumia, la salivación y la consecuente producción de buffer ruminal para disminuir el riesgo de acidosis (Kreikemeier et al., 1990).

Dependiendo del contenido de fracciones fibrosas en los otros componentes de la dieta, la cantidad mínima del recurso fibroso a incorporar en se ubica comúnmente entre el 5 y el 10% de la dieta (base seca). Para sostener una actividad fermentativa adecuada se sugiere un aporte tal de elementos fibrosos que aseguren un mínimo de 10% de fibra detergente ácido (FDA), y al menos la mitad de ese aporte provenga de una fuente de "fibra efectiva" o larga tal como los henos o los silajes. Sin embargo, el efecto de "fibra efectiva" deseado no radica en el aporte energético de esa fracción sino en el efecto mecánico por lo que también se usan sustitutos de menor costo que el heno que cumplen funciones similares como las cáscaras de semillas y residuos fibrosos de la industria de los alimentos.

El oferente de fibra más común utilizado en la mayoría de los sistemas alimentación en confinamiento es el heno (rollo o fardos) procesados picados o molidos gruesos y de calidad intermedia o baja. La calidad y tipo de fibra es de escasa relevancia en las dietas de alto grano pero existen recursos fibrosos que se adaptan mejor que otros, dependiendo del tipo de grano en que se basa la dieta (Theurer et al., 1999).

Otros oferentes de fibra son los silajes de planta entera (ej. Silaje de maíz, silaje de pasturas o alfalfa, silajes de ryegrass, avena o cebada). Algunos de éstos son también buenos ofe-

rentes de energía por su contenido de grano (silajes de maíz, sorgo, avena o cebada) (Petit y Tremblay, 1995; Castro et al., 2002; Pordomingo, 2002; Santini et al., 2003) o la alta digestibilidad total (silaje de ryegrass) (Cardoniga y Satter, 1993; Zaman et al., 2002). En estos casos, la proporción incorporada es mayor que la del heno porque se pretende un aporte energético y no solo mecánico.

Aunque la cantidad de fibra necesaria en los planteos de feedlot es baja, su provisión es una limitante operativa y económica. El heno cosechado en rollos y luego procesado para su mezclado en la dieta, se convierte en uno de los insumos más caros por unidad de energía digestible. Incluso, en la mayoría de los feedlots de poca escala, no se dispone de equipamiento para molienda de henos. Sostener una fermentación adecuada con independencia de fuentes de fibra larga, permite simplificar la alimentación a corral y hacer accesible esta práctica a numerosos planteos de engorde. En este extremo, sin embargo, los riesgos de acidosis son mayores.

En un nivel intermedio entre los planteos con heno como fuente de fibra y los sin fibra larga (ver más abajo), se encuentran aquellos que incorporan fibra a través del afrechillo de trigo, la raicilla de malta y las cáscaras (cáscara de girasol, de semilla de algodón o maní). De todas las cáscaras, las menos "leñosas" o duras serán las mejores desde el punto de vista de su fermentación y tolerancia a través del tracto digestivo. En proporción de 10 a 12% de la dieta, la cáscara de maní es muy utilizada para reemplazar totalmente la fuente de fibra larga (henos). Ofrecida sin moler, se le atribuye alta efectividad en generar el efecto fibra para mantener la motilidad ruminal (Utley et al., 1973). Las otras cáscaras incrementan volumen pero son menos efectivas en generar el efecto fibra. La cáscara de girasoles grandes, del tipo rayado, tienen mayor efecto que la de tipo negro para aceite, más pequeñas. La cáscara de semilla de algodón o de soja no aportan al efecto fibra por lo que no pueden reemplazar a la fuende de fibra larga totalmente.

La cáscara de soja es de mayor calidad que las otras, tiene alto contenido proteico y su digestibilidad es muy superior a la de las de girasol o maní (Cuadro 2). Se la suguere para reemplazar el maíz aplastado en recría en proporciones del 30 al 60% sin resentir el aumento de peso (Mueller et al., 2011). El afrechillo de trigo (en pellet) y la raicilla de malta pueden utilizarse para diluir la energía metabolzable de las dietas y generar efectos similares a los de la fibra, pero tales efectos son factibles a niveles de inclusión alto (superior al 20%) y debe tenerse en cuenta que estos son también oferentes de proteína bruta (Elizalde et al., 2003a). Tienen además un buen nivel energético y buena digestibilidad.

La inclusión de cáscaras, especialmente la de maní, requiere de conocer la composición la misma para lo cual es necesario recurrir al análisis de laboratorio. Siendo una fracción fibrosa del fruto, se espera que tenga un alto contenido de fibra (FDN y FDA) y un contenido bajo de proteina, pero los datos más relevantes son el contenido de materia seca (% MS) y el de cenizas. El primero tiene que ver con la cantidad de agua que tiene la cáscara. Este subproducto debería ser muy seco (más de 88 % de MS). Si tiene agua, puede haber ocurrido el agregado para "aplastar" y compactar la carga y transportar más peso, pero por el contenido inicial de tierra (fruto hipógeo) la humectación de la cáscara promueve el desarrollo de hongos y sus toxinas (aflatoxinas, trichotecenes, etc). Si el valor de cenizas es muy elevado (superior al 6%) podría presuponerse un enriquecimiento con tierra durante la carga o el barrido de la cáscara (por encima del esperable de una cáscara que inicialmente es cosechada mezclada con suelo). La cáscara limpia no debería superar el 3 % de cenizas.

Existen evidencias experimentales (Pordomingo et al., 2002a; Elizalde et al., 2002; Maresca et al., 2003) y de productores en Argentina que coinciden en que es posible alimentar a corral con dietas sin fuente de fibra (sin heno o silaje), basadas solamente en grano, harina de girasol o de soja y un complemento mineral y vitamínico con un ionóforo (monensina o lasalocid).

Murphy et al. (1994a) no encontraron diferencias en la digestión de almidón proveniente de una dieta basada en maíz entero y sin fibra, comparada con una equivalente con maíz aplastado, cuando la oferta de alimento no fue restringida. Resultados que fueron confirmados en Argentina (Pordomingo et al., 2002b; Maresca et al., 2002). Sin embargo, cuando se restringió la oferta de alimento al 70% del consumo voluntario, la digestibilidad del almidón proveniente del grano entero fue inferior a la del almidón de grano aplastado. De manera similar, Turgeon et al. (1988) encontraron diferencias en la digestibilidad del grano de maíz cuando alimentaron novillos con maíz entero o partido en dietas sin fibra larga y a 2,3 veces el nivel de mantenimiento.

Pordomingo et al. (2002b) compararon dietas con grano entero de maíz y harina de girasol o grano entero de maíz y avena, y harina de girasol, sin fuente fibra larga, versus dietas con la inclusión de 10% de heno de alfalfa (Cuadros 18, 19 y 20). Los planteos sin fibra igualaron (y tendieron a superar) en aumento de peso al tratamiento con heno. No se detectaron efectos acidóticos o trastornos visibles en los tratamientos sin fibra.

Entre las alternativas en el suministro de fibra en la forma de heno, se encuentran las cáscaras de semillas (cáscara de semilla de algodón, de semilla de girasol, de soja, de arroz o de maní), residuos fibrosos de la agro-industria (raicillas, afrechillos, etc.) Aunque existen asociaciones entre tipos y procesado del grano, y el tipo de fibra a utilizar (Owens et al., 1997). Las fuentes de fibra antes citadas son utilizables sin diferenciarse en el resultado sobre aumento de peso o eficiencia de conversión, pero el efecto de fibra efectiva es mayor en las cáscaras de mayor tamaño. La cáscara de maní es más efectiva que la de girasol. Dentro de la variedad de cáscaras de girasol, las del tipo "confitero" (grande) tienen mayor efectividad que las de girasol para industria. Las cáscaras de girasol para industria, de soja y de arroz tienen un efecto marginal y limitado para sustituir a otras fuentes de fibra efectiva.

Raciones a base de cebada (75 a 85%) entera resultan en similares resultados productivos al maíz (Elizalde et al., 2003b). La inclusión de cebadas con alta proteína permite reducir la necesidad de fuentes proteicas adicionales y, por su contenido de fibra, el requerimiento de fibra extra es también menor. Ofrecida entera podría conformar raciones completas con un 10% de harina de girasol, y un núcleo vitamínico y mineral al 2 o 3% (depende del núcleo). Aunque el aporte proteico de grano es variable (9 a 15% de proteína bruta), con un contenido medio de proteína bruta de 12% y un 30% en la harina de girasol (pellet) se logra una ración con 14,5% de proteína de alta metabolicidad que cubre los requerimientos de la mayoría de las categorías.

Pordomingo et al. (2007a) evaluaron una dieta basada en 96% cebada sin una fuente de fibra adicional lográndose aumentos y conversiones similares a las obtenidas con una dieta basadas en cebada y afrechillo de trigo. El oferente de nitrógeno (urea o afrechillo de trigo) generó diferencias a favor a la dieta que incluyera la fuente de proteina verdadera (Cuadro 52). Durante la primera etapa (50 días) la dieta de cebada fue ofrecida entera y durante la segunda (40 días) fue ofrecida aplastada. Estas observaciones, coincidentes con otras (Koenig y Beauchemin, 2013a), indicarían que la cebada es un grano de buena versatilidad para reemplazar a otros granos, y reducir la demanda de concentrados proteicos y de fibra.

En una experiencia con novillos de 253 kg al inicio y más de 400 kg a la terminación, Pordomingo et al. (2011) reportaron 100 g mas de aumentos de peso diario con dietas basadas en maíz y cebaba aplastados, sin fuente de fibra, ni concentrado proteico, o con mínimo aporte del mismo (6% de harina de girasol) (Cuadro 53, versus una dieta basada en grano de maíz (77%), harina de girasol (12%) y afrechillo de trigo (8%). Se destaca en esta experiencia la conversión de las dietas, la complementariedad de los granos y el efecto en reducción de oferta de proteina verdadera que permite la inclusión del grano de cebada en proporciones importantes en la dieta.

Elizalde et al. (2003a) estudiaron la inclusión creciente de afrechillo de trigo en dietas a base de cebada aplastada y lograron aumentos de peso vivo (1,500 kg/día) y conversiones similares (6:1) con 75, 65 o 55% de cebada aplastada y cantidades crecientes de afrechillo (12,5, 35 o 45%) (Cuadro 25). La combinación de la cebada con el afrechillo de trigo permitió mantener constante el consumo de energía metabolizable y la eficiencia fermentativa. La tasa de engrasamiento y el engrasamiento final en ese ensayo resultó también similar entre tratamientos (Cuadro 15). Se destaca la calidad del afrechillo de trigo para complementar dietas de alta energía.

Pordomingo et al. (2007b) incluyeron 22% de afrechillo de trigo en una dieta basada en grano de maiz, reemplazando la fuente de fibra larga (heno de alfalfa) y la mitad del oferente proteico (harina de girasol) (Cuadro 54), ofrecida a terneros en confinamiento. Ambas dietas fueron equivalentes en proteína bruta, fibra detergente ácido y oferta de energía metabolizable. El resultado en aumento de peso (1,200 kg/día) y el consumo relativo al peso vivo medio (2.6%) fue similar entre ambas dietas (Cuadro 54).

Silajes

El silaje de planta entera de maíz o de sorgo se incorpora a dietas de engorde a corral. Su participación en las dietas depende de las metas en cuando a aumento de peso. El silaje no es un oferente de energía del nivel del grano, su concentración de energía metabolizable se asemeja a la que puede proveer un verdeo de invierno o una pastura en primavera. Por ello, los encierres basados en silajes de planta entera (ej. 80% silaje de maíz + 20% harina de girasol) permiten aumentos de peso de 700 a 1000 g/día, pero difícilmente mayores (Santini et al., 2003; Castro et al., 2002; Juan et al., 1997). Estos aumentos son útiles para planteos que pretenden encerrar sobre la base de un alto rendimiento de materia seca y alto aprovechamiento de la misma, pero que no tienen como meta muy altos ritmos de engorde, terminaciones de alto engrasamiento o muy rápidas.

Existen combinaciones intermedias enriquecidas con grano, donde el 40 a 50% de la dieta es silaje de planta y el resto se completa con grano (20 a 30%) y la harina de girasol o soja (15 a 25%). Estas dietas son energéticamente algo superiores a la de silaje puro, pero todavía descansan en la fermentación de una buena cantidad de fibra proveniente del silaje. El aumento puede ser algo superior al antes citado, pero no alcanza los niveles de un engorde típico basado en grano. Son, sin embargo, las sugeridas en recría con aumento controlado, encierres de acopio de terneros, encierres de post-destete, para planteos que luego terminan a campo en pastoreo o de vacas en engorde.

Santini et al. (2003) reportaron aumentos de peso similares entre dietas con 78% silaje o 33% de silaje y 45% de maíz húmedo en novillos británicos de biotipo grande (1,07 kg/día) o de biotipo chico (0,89 kg/día) (Cuadro 26). Tampoco detectaron diferencias dentro del biotipo grande en tasa de engrasamiento y engrasamiento final. En el biotipo chico el espesor de grasa dorsal fue superior para la dieta con más grano y también la tasa de engrasamiento (Cuadro 25).

Castro et al. (2002) detectaron mejoras en el ritmo de engorde con el incremento de grano en la dieta, pero no demasiado importantes en términos absolutos (1,129, 1,252 y 1,325 kg/día para alto, medio y bajo contenido de silaje) en novillos en terminación (Cuadro 27). Estos resultados dependen del contenido energético del silaje de maíz, pero expresan su plasticidad y potencial.

La calidad del silaje puede fluctuar entre años y lotes de manera significativa. Para poder predecir la performance de los animales es necesario contar entonces con información de la calidad nutritiva. Santini y Paván (2002) compararon resultado de aumento de peso entre años en

novillitos alimentados con silaje y harina de girasol, y encontraron que el aumento de peso puede variar en un rango de menos de 800 gramos/día a casi 1 kg, dependiendo particularmente de la oferta de almidón del silaje (Cuadro 28).

El contenido de humedad y de grano y el momento de picado son muy relevantes en la calidad final del silaje de maíz o de sorgo. Los silajes con mucho agua (más del 75%) o, lo que es lo mismo, bajo contenido de materia seca (inferior al 25%) son silajes que limitan el consumo y generan mucho efluente líquido, con la consecuente pérdida de nutrientes (carbohidratos solubles y proteínas), se lava también el ácido láctico y, aunque su picado es generalmente bueno, puede limitarse la calidad de la fermentación por exceso de agua. En el otro extremo, silajes con más de 40% de materia seca al momento de la confección (picado y ensilado), tienen mayor cantidad de grano, pero se pican con dificultad, queda un picado muy heterogéneo y compactan mal, quedando demasiado aire en la masa de silaje.

El exceso de aire promueve las oxidaciones y las fermentaciones butíricas, la temperatura permanece alta por respiración y el pH no baja de 5. Ese material se deteriora con el transcurso de los días porque no se logra eliminar la respiración de los carbohidratos (almidón) y alcanzar concentraciones de ácido acético y láctico que estabilice el ensilado. Entre los cambios más visibles, se observa el desarrollo de coloraciones oscuras (marrones y negros), desintegración de la estructura original del material (se torna dificultoso diferenciar las fracciones de planta) y el olor es característico de fermentaciones butíricas, mezclado con óxidos de azufre. Se puede observar humedad y formación de gotas en el material, consecuencia de la oxidación y producción de agua por acción fúngica y bacteriana. Este tipo de silaje debería ser evitado en dietas con más de 50% de silaje (base seca), en animales de tambo y en terneros que inician el engorde, pero puede participar en dietas de alto grano y fracciones moderadas de silaje (menos de 20% de silaje en base seca). Debe verificarse que no se afecte la palatabilidad total o aparezca micelio de hongos (masa fúngica) muy difundido.

El contenido de grano mejora la oferta de energía metabolizable y es clave en la performance animal en dietas a base de silaje. En los silajes con poco grano (menos del 30% en base seca) la calidad depende de la digestibilidad de la fibra (tallo y chala del choclo). Para mejorar el contenido de grano en cultivos con mucho follaje o de poco rendimiento podría elevarse la plataforma de recolección hasta el nivel de la base de las espigas y dejar parte de tallo sin cortar. Esto permite elevar la relación grano/planta picada en un 20 a 30%, por lo que un cultivo para silaje podría pasar de 25% a 35% de grano en el material cortado y cambiar la digestibilidad y la concentración energética del silaje.

La inclusión de grano a silajes de planta enera es una herramienta para mejorar la oferta de energía metabolizable de la dieta basada en silaje. La mejora de oferta energética con el incremento de la proporción de grano es muy significativa cuando los silajes son de forrajeras sin grano (pasturas, alfalfa, verdeos cortados en estado vegetativo). Las dietas en base a silaje de alfalfa son las que mejor se complementan con la adición de grano pasando de una concentración energética limiada, para mantenimiento o aumentos de peso menores a los 500 g/día en la mayoría de los casos, a una oferta de energía compatible con engordes de terminación (800 a 1000 g/día). En este escenario, el grano se incorpora reeemplazando casi la 1/3 de la dieta.

Varias evaluaciones han mostrado los efectos positivos del enriquecimiento con grano de las dietas basadas en silajes, pero también han advertido que el incremento del potencial o la mejora de la respuesta individual (aumento de peso) no es lineal. En dietas basadas en silaje de maíz, Pordomingo et al. (2012) demostraron que el la inclusión de grano molido de maíz mejora la respuesta individual hasta el punto en que el grano en la dieta (ofrecido por el mismo silaje más el agregado) contribuye el 36% de la dieta (en base seca) (Cuadro 56). Enriquecimiento con

una mayor cantidad de grano no generaría respuestas mejores en aumento de peso, hasta que el grano contribuye la mayor fracción de la dieta.

Se hipotetiza que el incremento creciente de grano aumenta la digestibilidad total de la dieta, pero el cambio de la fermentación ruminal hacia una de naturaleza amilolítica deteriora o retarda la fermentación de la fibra en el rumen. Como pas dietas con alta proporción de silaje requieren de fermentación de la fibra para su utilización eficiente, la mejora de la oferta de energía metabolizable con el agregado de grano, encuentra en contraposición un deterioro de la oferta energética por la degradación de la fibra.

En los casos en los que el aporte de grano total constituye a esta fracción en el ingrediente mayoritario, la dieta se asemeja a una dieta de alto grano y baja fibra e importa menos la energía a obtener por la fermetnación de la fibra proveniente del silaje. La fibra pasaría tener un rol físico o mecánico en el proceso de digestión, y de menor relevancia como nutriente. De todas formas, la calidad y buena conservación del silaje son igualmente relevantes por sus impliancias en la palatabilidad y el consumo.

En el ensayo reportado de Pordomingo et al. (2012) puede observarse el potencial de engorde del silaje de maíz. Aún a contenido bajo de grano (24% de la materia seca total de la dieta), la dieta con 85% de silaje de maíz, correjida por proteina y minerales, alcanzó a un engode de 750 g/día en novillos en terminación. Este aumento de peso se incrementó a 1000 g/día cuando se incrementó la proporción de grano al 36% (Cuadro 55). En otra experiencia basada en silaje de planta entera de sorgo granífero con 62.5, 70 0 77.5% de silaje (en base seca), Volpi Lagreca et al. (2010) mostraron el pontencial de los silajes para el engorde de novillos. Aun la dieta con más silaje y urea como oferente adicional de nitrógeno se lograron aumentos de peso de 992 g/día, y terminación de novillos a 418 kg de peso vivo (Cuadro 56). El consumo llegó a 2.56% del peso vivo para ese tratamiento. Ls oferta de grano en ese silaje era del 39% (base seca).

En las dietas típicas de corral de alto grano y baja fibra el silaje de planta entera es utilizado para reemplazar la fracción de heno (u otra fuente de fibra). Participa en proporciones del 10 al 20% del alimento (en base seca). En estos casos, su inclusión sirve también para aportar humedad a la dieta, sobre la que se adhieren mejor los otros componentes, también aumenta el volumen y mejora la homogeneidad del consumo. El silaje es más atractivo que el heno de baja calidad y hace un aporte adicional como “buffer” (amortiguador) del pH ruminal (Owens et al., 1997). Sin embargo, debido a la baja proporción en que se incluye el silaje en estas dietas, la incorporación al sistema se justifica si el tamaño del feedlot hace factible la infraestructura adicional que impone la confección, almacenado y extracción del silaje.

Entre otros silajes probados en Argentina debemos incluir a los de sorgo granífero y los de avena con grano. La relación grano planta es más elevada en estos que en el silaje de maíz. La digestibilidad del silaje de sorgo puede resultar inferior a la del silaje de maíz, por menor digestibilidad del grano y de la planta de sorgo, pero la mayor proporción de grano en el silaje de sorgo puede compensar la menor digestibilidad promedio. El silaje de avena (confeccionada en estado pastoso del grano) provee es similar al del silaje maíz. El rendimiento por hectárea, sin embargo, es menor en este recurso.

Asimismo, la combinación de silaje de maíz y heno de calidad, complementados con grano de maíz, es una alternativa muy flexible para lograr aumentos de peso estables en planteos de aumento controlado. Juan et al. (1997) reportaron los resultados de un estudio de dietas húmedas (a base de silaje) o secas (a base de heno de alfalfa), y sus combinaciones con adición de grano y harina de soja. Las dietas fueron equivalentes en oferta de proteína bruta y energía metabolizable y generaron aumentos de peso similares en vaquillonas alimentadas a corral (Cuadro 31). Parra et al. (2002) reportaron similares aumentos de peso para dieta con menos de 60% de

grano a base de silaje (Cuadro 32). En estos planteos con altos niveles de fibra larga, sería conveniente procesar el grano de maíz para mejorar la utilización del almidón.

Maresca et al. (2003) probaron que con el incremento del nivel de fibra se reduce la utilización del almidón del grano entero de maíz, efecto que se magnifica con la edad de los animales (Cuadros 36 y 37). Puede observarse en el Cuadro 37 que la digestibilidad del almidón es mayor en el tratamiento con baja fibra y que en ambos tratamientos empeora con el aumento de la edad del animal. La utilización de la fibra de la dieta también decrece con la edad y es inferior en el planteo con alto contenido de grano (resultado esperable por la mayor incidencia de la fermentación amilolítica, depresora de la fibrólisis).

El silaje de gramíneas o leguminosas tiene un potencial energético menor que el que maíz o sorgo, pero puede ser de utilidad en planteos de recría. En planteos de novillo pesado, Steen et al. (2000) reportaron aumentos de peso de 700 y 800 gramos/día cuando se combinó el silaje de ryegrass con avena aplastada (Cuadro 32). En animales más livianos sería esperable un aumento mayor y una conversión más eficiente de estos recursos.

Por su parte, trabajos en Argentina de alimentación a corral con dietas basadas en silajes de sorgo del tipo silero o forrajero (bajo contenido o nada de grano) indicarían que, dependiendo de la calidad de la fibra y el contenido de carbohidratos solubles, estos materiales tienen potencial para generar engordes de 800 g/día o superiores. Kent et al., 2011) reportaron resultados de una comparación de engorde novillos sobre silajes de sorgo granífero, silero y forrajero. Vaquillonas y novillos sobre dietas basadas en sorgo grasnífero tuvieron los aumentos de peso mayores (928 y 2089 g/día, respectivametne), pero los animales sobre sorgo forrajero tuvieron aumentos de 806 y 991 g/día (vaquillonas y novillos, respectivamente). Estas respuestas fueron consideradas muy buenas para forrajes que pueden producirse en ambientes restrictivos de la producción de granos o silajes graníferos (Cuadro 57).

El concentrado proteico

El oferente proteico participa en las dietas de feedlot en el mínimo necesario para lograr el aporte de proteína que la categoría animal requiere. En el cálculo debe tenerse en cuenta el contenido de proteína de cada insumo, incluido el del grano, el que aunque bajo si se trata de maíz o sirgo (7 a 9%), es importante por la fracción mayoritaria que ocupa de toda la dieta. Los concentrados proteicos más comunes en la región pampeana son las harinas de girasol y de soja. La semilla de algodón y el *gluten feed* (sub-producto proteico de la industria del maíz) son también utilizados en las regiones del centro y norte del país. Las harinas proteicas citadas difieren en la cantidad de proteína bruta que aportan (ej. la harina de girasol ofrece de 28 a 32% y la de soja de 42 a 48%) por lo que sería conveniente tener información de laboratorio de la proteína bruta contenida en los insumos que pensamos usar.

Una alternativa son los concentrados proteicos comerciales, los que por su alto contenido de proteína bruta (generalmente por encima del 40%), permiten reducir la cantidad de este insumo a un mínimo y permiten e incrementar la cantidad de grano al máximo tolerable. Es conveniente que estos concentrados contengan el complejo vitamínico y mineral, incluyendo un ionóforo (entre los más comunes: monensina y lasalocid) que opera de modulador de la fermentación y del consumo (ver más adelante).

En el Cuadro 1 se puede observar que la proporción de harina proteica es menor en los casos donde se incluyó pellet de soja, comparados con los casos donde se incluyó harina (pellet o harina) de girasol. Sin embargo, la proporción de proteína bruta fue similar. La harina de soja tiene más proteína bruta que la harina de girasol. Entre otros detalles puede resaltarse que el

contenido de FDA (fibra) es similar en todas y próximo al 10% (valor mínimo deseable) del alimento (base seca), del cual al menos el 60% es fibra efectiva proveniente del heno (rollo o fardo molido o desmenuzado).

Cuando se incluye un grano de invierno como la avena, disminuye también la necesidad de harinas proteicas porque el grano de avena hace un aporte de proteína mayor que el del maíz. Puede observarse que la participación de la urea permite una reducción importante del uso de estas harinas (pellets) (dietas T1a T4 versus T5), pero en ningún caso supera el 1% de la formulación total. Niveles de 1 a 1,2% de urea son considerados el límite superior de inclusión de urea en dietas de *feedlot* sin riesgo de intoxicación amoniacal. Puede observarse también que todas las dietas excepto T2 han sido formuladas incluyendo un macro núcleo vitamínico y mineral. En T2 incorpora un micro núcleo y se aportan los macro minerales (calcio, magnesio, fósforo y la sal) por separado.

Si se evalúan estas dietas desde su concentración energética u oferta de energía metabolizable son dietas para aumentos diarios de peso vivo de 1,300 a 1,500 kg, pero la oferta de proteína metabolizable puede resultar limitante de ese aumento y el componente específico en déficit será la fracción de proteína no degradable en rumen (proteína pasante) (Ainslie et al., 1993; Knaus et al., 1998; Stock et al., 1989; Titgemeyer et al., 1989).

En los sistemas actuales es difícil en términos económicamente factibles incorporar proteínas de baja degradabilidad ruminal. El recurso más común en el pasado lo fue la harina de carne. Hoy el uso de harina de carne, de hueso u otras de origen bovino está prohibido debido al riesgo de transferencia de enfermedades como BSE (vaca loca). Otros recursos son las proteínas vegetales tratadas con calor o agentes químicos (Spears et al., 1980) para reducir su solubilidad y en consecuencia su fermentación ruminal, tales como harina de soja tostada, soja entera tostada, harina de soja tratada con formaldehído (Stern et al., 1994). Pero, estos recursos son caros y de escasa relevancia en el *feedlot* argentino (utilizados en feedlots de Norte América, Australia, o Europa.)

Sin embargo, la principal limitante de la eficiencia de utilización de la proteína es la metabolicidad de la dieta y el balance de proteína metabolizable (Meissner, 1992; Ainslie et al., 1993; Castillo et al., 2001a,b). En dietas basadas en proteínas degradables en rumen, el balance de proteína metabolizable puede ser neutro e incluso positivo, por lo que el efecto adicional sobre la eficiencia de conversión con el suministro de proteínas de baja degradabilidad ruminal es bajo o nulo (Loerch y Fluharty, 1980; Beever, 1993). La sincronía de la fermentación ruminal entre almidón y proteína es el mayor contribuyente a la metabolicidad de la dieta (Herrera-Saldana et al., 1990 b; Hoover y Stokes, 1993) y eficiencia de la síntesis y provisión de proteína microbiana al tracto inferior (Sinclair et al., 1995; Koenig y Beauchemin (2013a).

Cooper et al. (2002a) ofrecieron niveles crecientes de urea hasta 1,2% de la dieta y lograron 1,85 kg/día de aumento de peso en con 1,2% de urea versus 1,7 kg/día en el tratamiento control (sin urea). Utilizaron novillos de biotipo grande (Cuadro 39) y dietas de 82% de grano húmedo de maíz. El nivel de 13% de proteína bruta, incluyendo 0,8% de urea, permitió cubrir los requerimientos proteicos para superar 1,8 kg/día.

Pordomingo et al. (2003) compararon dietas a base de grano entero de maíz (73%) y harina de girasol (15%) (T1, T2 y T3) con una dieta (T4) que incluyera harina de pescado (2,5%), y harina de plumas (3%) para aportar proteínas de baja degradabilidad ruminal (Cuadro 40). La adición de las fuentes proteicas de baja degradabilidad no mejoró el aumento de peso (Cuadro 41). Se detectó una leve depresión del consumo que resultó en una eficiencia de conversión superior (Cuadro 42). Pero, se destacaron los aumentos de peso obtenidos (superiores a 1,5 kg/día) en animales jóvenes (200 kg de peso inicial y 340 a 359 de peso final).

El potencial de las dietas de alta energía que no incluyen fuentes proteicas de baja degradabilidad ruminal, pero que cubren los requerimientos de proteína metabolizable, se corrobora también en los trabajos de Elizalde et al. (2003a,b) (Cuadros 8 y 26), Pordomingo et al. (2002 ab, 2003, 2004) (Cuadros 12, 20, 22, 41 y 44). De manera similar, Koenig y Beauchemin (2013a) observaron ausencia de respuesta en aumento de peso, consumo o conversion de alimento en dietas con inclusión de oferentes de proteina verdadera de distinta degradabilidad y nitrogeno no proteico, comparadas con una dieta basada en 85% de cebada, con 13.5% de proteina bruta y sin adición de fuentes adicionales de proteína.

En un intento por mejorar el valor biológico de las proteína degradable en las dietas de alto grano, Pordomingo et al. (2003 y 2004) incluyeron taninos condensados en dietas basadas en grano de maíz entero y harina de girasol. El tanino forma asociaciones con las proteínas que las hace menos solubles y degradables en medio neutro (rumen) pero disociables en medio ácido (abomaso). Ello permitiría incrementar la oferta a nivel intestinal de fracciones proteicas provenientes de la dieta y evitar la degradación parcial de la proteína en el rumen, con un consecuente incremento de la eficiencia de la metabolicidad de la proteína.

En dos ensayos se detectaron mejoras en el ritmo de engorde atribuibles a la adición de taninos, aunque se discute la magnitud de las diferencias y la implicancia de otros efectos debidos a la inclusión de los taninos sobre la intensidad y frecuencia de consumo. El Cuadro 40 describe la composición de las dietas utilizadas en el primer ensayo. Los cuadros 41 y 42 muestran los resultados. De manera similar, el Cuadro 43 muestra la composición de las dietas del segundo ensayo y los cuadros 44 y 45 muestran los resultados.

Al margen de la inclusión de taninos, se destaca en el segundo ensayo citado el aumento de peso logrado con dietas de 45% de grano, consideradas de recría o de aumento intermedio. Ese grupo de tratamientos aumentó a casi 1 kg/día, sin diferenciarse del testigo (sin taninos) del grupo de tratamientos de alto grano (70%). Debe puntualizarse, sin embargo, que la calidad del heno de alfalfa, clave en el planteo de alta fibra, permitió generar dietas con digestibilidad superior al 65% (Cuadro 43).

La extracción con prensa y solventes del aceite del poroto de soja y del girasol generan como subproductos la harina de soja (frecuentemente denominada pellet de soja) y la harina de girasol, respectivamente. La harina de soja es el concentrado proteico de origen vegental (45 a 48 % de PB) que mayor concentración de PB ofrece debido a su bajo contenido de cáscara y aceite residual (2 %). Adicionalmente, el peril de aminoácidos de esa proteina es muy completo por lo que le confiere un alto valor biológico. La harina de girasol es un concentrado proteico de menor tenor que el de soja (29 a 35%), pero muy utilizado en bovinos en toda la región donde se produce girasol.

El costo de la harina de girasol, inferior al de harina de soja y su disponibilidad lo convierten en el recurso proteico más elegido en feedlots para carne. En contenido de aceite es similar al de soja, pero el contenido de fibra es el que hace variar la proporción de proteina. Estos subproductos participan de las raciones en cantidades mínimas necesarias para alcanzar las metas de concentración proteica compatibles con los requerimientos de los animales. La participación de la harina de soja en las dietas de engorde se ubica generalmente en el rango del 10 al 20% y la de la harina de girasol en el rango del 15 al 30%.

Santini y Paván (2002) demostraron que con incrementos de harina de girasol del 20 al 43% en una dieta a base de silaje de maíz se puede incrementar el aumento de peso a 1,00 a 1,180 kg/día en dietas que fueron de 12 a 18% de proteína bruta (Cuadro 38). Esa evidencia

muestra también la alta capacidad de reemplazo o sustitución de la harina de girasol en mezclas con silaje de maíz.

La soja tostada o (desactivada) constituye otro excelente recurso proteico (34 a 38% de proteína bruta) y también energético por su aporte de grasa (20%) y carbohidratos (32%). El tostado o calentamiento de la soja desactiva el factor antitripsínico (factor que bloquea la enzima tripsina y compromete la digestión de las proteínas en el intestino delgado) por ser una proteína termo-sensible, pero el costo del proceso hace que su uso comercial sea muy poco frecuente en el feedlot argentino. Sin embargo, la soja cruda puede ser utilizada también en bovinos. El rumen tiene una buena capacidad de metabolización y desactivación del citado factor por lo que el bovino tolera mucho más que otras especies el consumo de soja cruda.

Felton y Kerley (2004) reportaron inclusiones de hasta 24% de soja cruda en dietas de 70% de grano entero de maíz (Cuadro 46) o basadas en grano y silaje de maíz (Cuadro 47). No se reportaron efectos negativos debidos a la adición de soja cruda, con respuestas en aumento de peso (Cuadros 48 y 49), aunque se comentaron tendencias a efectos depresivos de conversión. El agregado de aceite incrementó la oferta energética de la dieta en todos los casos. Del trabajo citado emerge también que la adición de 24% de soja cruda no sería recomendable debido al riesgo de deprimir la conversión y el consumo emergentes de un exceso de aporte graso (aceite de la soja), de proteína y de factor antitripsínico en la dieta, excedentes que pueden comprometer la fermentabilidad de la fibra, incrementar el gasto energético en la eliminación del exceso de nitrógeno dietario como de poner en riesgo la digestibilidad de las proteina en intestino delgado. El exceso de aceite y los compromisos digestivos habrían incrementado también la incidencia de diarrea en el citado ensayo.

Albro et al. (1993) reportaron mayores aumentos de peso al incluir soja cruda versus soja extrusada y, Aldrich et al. (1997) y Eweedah et al. (1997) indicaron que la inclusión de soja cruda al 16% de la dieta no provoca trastornos sobre la digestibilidad de la materia seca o de la fibra. La información sugiere también que el aporte (limitado) de aceite de soja incrementa la producción de propiónico y la lipogénesis hepática (el propiónico es insumo precursor de la producción de grasa intramuscular) (Smith y Crouse, 1984). También se ha reportado que el aporte oleoso de la soja en proporción limitada (inferior al 5% de la dieta) puede incrementar la tasa de marmolado y de engrasamiento sin alterar la composición de la grasa (Brandt y Anderson, 1990; Huerta-Leidenz et al., 1991). Pordomingo et al. (2007c) encontraron las mejores respuestas en aumentos de peso y eficiencia de conversión en terneras a corral con dietas que incluyeron 10% de soja cruda molida y 8% de harina de girasol (Cuadro 58). El agregado de 18% de soja cruda no resultó perjudicial de la eficiencia de conversión, pero se detectaron heces más blandas y mayor incidencia de diarreas.

Sobre esos antecedentes, en un estudio posterior, Felice et al. (2013) exploraron la respuesta animal a la inclusión de proporciones crecientes de soja cruda o tostada (desactivada), reemplazando a la harina (pellet) de girasol en dietas completas basadas en grano de maíz (Cuadros 59 y 60). Las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas, con una oferta creciente de aceite (en función del incremento de la proporción de poroto de soja incluido). Se diseñaron para cubrir los requerimientos proteicos de novillitos en crecimiento (NRC, 1996). La inclusión de soja tostada en reemplazo de harina de girasol en cantidades crecientes tendió a mejorar el ritmo de engorde sin afectar la conversión del alimento (Cuadro 60). La inclusión de soja cruda no afectó el aumento de peso y la conversión hasta el nivel de 18%. En el nivel de 24% de soja cruda se observó una depresión del ritmo de engorde promedio y una desmejora de la conversión (Cuadro 60). Dado que el incremento de la proporción de aceite en la dieta ocurrió en ambos casos, tostada y cruda, se atribuyó el efecto detrimental observado en el nivel 24% de soja al factor antitripsínico. Este ensayo y los precedentes permiten concluir que la inclusión de soja cruda en las dietas no debería superar niveles del 18% en los planteos de engorde.

En la última década, la producción de burlanda (residuos del destilado de los granos) de maíz y de sorgo (wet distiller's grains) para la producción de etanol ha generado un cambio importante en el tipo de concentrado proteico incorporado a las dietas en el EEUU y Canada. La utilización masiva de este recurso ha promovido intensa investigación sobre las formas de inclusión, y las implicancias sobre la calidad del producto y el ambiente. La reciente incorporación de plantas de destilado de granos en Argentina apunta a generar un suproducto semejante, el que necesariamente encuentra su uso en la alimentación animal en confinamiento.

Los destilados o burlandas pueden ser húmedos o secos y su composición final cambia con los procesos que los general. Tienen la característica de ser oferentes protéicos y también energéticos, con moderado aporte de fibra digestible. Su aporte proteico variable y depende del proceso de extracción. La burlanda de maíz ofrece proteina en un rango del 29 al 35% y la de sorgo del 35 al 40% (May et al., 2012; Uwituze et al., 2010). May et al. (2012) ofrecieron burlada de maíz o de sorgo en proporciones de 15 y 30% de la dieta (base seca) sobre dietas de alta energía basadas en maíz procesado en copos (flakes) (Cuadro 69). No se detectó un efecto de dilusión de la oferta energética con la inclusión de las burlandas. La burlanda de maíz generó eficiencias moderadamente superiores. Se destacan los aumentos de peso obtenidos (Cuadro 70).

Uwituze et al. (2010) ofrecieron burlanda seca de maiz a vaquillonas sobre dietas de alto contenido de grano y heno de alfalfa o silaje de maíz como fuente de fibra (Cuadro 71). Los autores no detectaron una interacción con la fuente de fibra o efecto de la misma, pero detectaron una moderada reducción del ritmo de engorde al incluir burlanda y remover otras fuentes de proteína (Cuadro 72). Por lo que se ha concluido que estos recursos tendrían una densidad energética equivalente a la del grano de sorgo y la cebada, apenas por debajo del maíz. Por ello son también considerados también oferentes energéticos, con capacidad de sustitución de los granos (Meyer et al., 2013; Segers et al., 2013; Schoonmaker et al., 2010; Depenbusch et al., 2009 a,b), por lo que se los incluye frecuentemente en proporciones superiores a las necesarias para cubrir requerimientos proteicos solamente (dependiendeo de las relaciones de precio con los granos). Segers et al. (2013) compararon la inclusión de 25% (base seca) burlanda seca de maíz, con gluten feed y haria de soja en dietas basadas en 75% de silaje de maíz en planteos de recría a corral (Cuadros 73 y 74). La respuesta en aumento de peso entre las dietas fue similar entre las que incluyeron burlanda y harina de soja, levemente superior a la que incluyó gluten feed.

En este sentido, se han realizado numerosas experiencias en EEUU donde se incluyeron las burlandas hasta el 40% de la dieta sin afectar la conversión el aumento de peso, (Buttrey et al., 2012; Schoonmaker et al., 2010; Loe et al., 2006). Las proporciones de inclusión comunes se ubican en el rango del 15 al 40%. Schoonmaker et al. (2010) incluyeron burlanda húmeda de maíz hasta el 40% de la dieta (base seca) sobre dietas de alta fibra y de baja fibra, sustituyendo al grano de maíz y el concetrado proteico en el primer caso y al silaje de maíz y el concentrado en el segundo, sin afectar el aumento de peso y la conversión del alimento a peso vivo (Cuadros 61, 62 y 63). Buttrey et al. (2012) probaron la inclusión de 20% (base seca) de burlanda húmeda de maíz a dietas basadas en maíz rolado seco o procesado en copos (flakes) (Cuadro 64). Las respuestas en aumento de peso fueron similares en ambos tipos de dieta. La inclusión de la burlando no redujo el aumento de peso o empeoró la conversión (Cuadro 65). La respuesta fue mejor en las dietas que se basaron en maíz procesado en copos (flakes).

Buttrey et al. (2012) ofrecieron entre 15 y 16% de burlandas secas y húmedas de sorgo o maíz en dietas sin heno o no muy baja fibra (Cuadro 66). No obervaron diferencias importantes debido a la fuete de burlanda, pero dectecaron un efecto positivo al agregar la de sorgo a la dieta con heno (Cuadro 67). Las eficiecnias resultaron similares al tratamiento testigo, sin burlanda. Buttrey et al. (2013) detectaron mejoras en la performance (aumento de peso y conversión) de animales alimentados inclusión de 35% de burlanda húmeda de maíz sobre dietas de grano maiz

aplastado o en copos (Cuadro 68 y 69). Sin embargo, el rendimiento de res y el nivel de engrasamiento resultó levemente inferior.

Meyer et al. (2013), Segers et al. (2013) y Schoonmaker et al. (2010) sugieren que la utilización de las burlandas en cantidades altas (superiores al 40%) puede generar alguna depresión del aumento de peso, respecto de dietas sin burlanda. Este efecto sería atribuible a la leve dilusión energética de la dieta que tal inclusión podría generar. Es conveniente conocer el contenido de azufre de la burlanda, ya que por el proceso químico de destilado y limpieza, es un subproducto enriquecido en azufre. El aporte de azufre podría ser excesivo y eventualmente tóxico si no se realizan ajustes en la oferta mineral y la cantidad de burlanda ofrecida es alta (superior al 30%).

También se han generado burlanda seca de triticale (36,8% de proteina bruta , 32.5 % FDN y 6 % de almidón) (Wierenga et al., 2010) y de trigo (38 % de proteina bruta, 33 % FDN y 1.8 % de almidón, 3.7% extracto etéreo, 0.11% Ca, 0.93% P, y 1.02% S) (Yang et al., 2012). Los autores incluyeron hasta 30% de burlanda seca de triticale o de trigo, respectivamente, sin depresión de conversión y aumento de peso (Cuadro 75). La adición de burlanda permitió reducir hasta eliminar la cantidad de silaje incluido en la dieta como fuente de fibra (Cuadro 76).

El *gluten feed*, es otro subproducto resultante de la industria del maíz que ha incrementado su relevancia en la alimentación a corral deo bovinos en el área de influencia de algunos polos industriales. La presentación del *gluten feed* puede ser húmeda o seca, dependiendo de la planta que procesa el maíz y la estrategia de secado. Es un producto que puede considerarse proteico y energético (Segers et al., 2013; Loe et al., 2006) . El contenido de proteina se ubica en el rango del 16 al 28%. Valores frecuentes se ubican en el 23% (Loe et al., 2006). El contenido energético se ubica en el rango del 75 al 80% del de maíz. Por el agregado de azufre al proceso, debería verificarse el contenido de azufre del producto y el resultante total de la dieta para no generar riesgos de intoxicación. Para que estas ocurran, la inclusión de *gluten feed* en la dieta debería superar el 50% (en base seca).

La inclusión en niveles de 15 a 35% es recomendada cuando se lo adiciona como oferente proteico, pero frecuentemente se intenta incluirlo en cantidades mayores para utilizarlo como oferente energético (Loe et al., 2006; Segers et al, 2013; Macken et al., 2004). Experiencias en EEUU (Kampman and Loerch, 1989) (Cuadros 79, 80, 81 y 82) han ofrecido gluten feed hasta alcanzar el 60% de la dieta, sin generar depresion del aumento de peso. Cantidades del 80% generaron aumentos de peso menores y peor conversión. Macken et al. (2004) demostraron que la inclusión de gluten feed húmedo de maíz hasta el 35% de la dieta no afectaría el aumento de peso y la eficiencia, comparado con proporciones menores o con un control a base de maiz en copos (extrusado y expandido), urea y concentrado proteico.

Loe et al. (2006) detectaron incremento de la respuesta animal en aumento de peso con la inclusión de gluten hasta el 52% de la dieta (base seca), basada en grano de cebada. En el mismo ensayo se evaluó el nivel de 35% de inclusión en una dieta basada en maíz aplastado seco. Esta superó en aumento de peso y conversión a las basadas en cebada (Cuadros 77 y 78). Farran et al. (2012) indicaron que la inclusión de 35% de gluten feed humedo (en base seca) a dietas de terminación basadas en maíz aplastado, aporta proteina, energía y un nivel de fibra que permite de la reducción de la fracción de heno de pastura o su eliminación sin comprometer la fermentación ruminal, incrementar riesgo de acidosis, o afectar el aumento de peso y la conversión. Parsons et al. (2007) evaluaron la inclusión de gluten feed de maíz al 40% (base seca) con la reducción hasta la eliminación del heno de alfalfa (Cuadro 83). La inclusión de gluten habría permitido la reducción de la fuente de fibra sin resultar en depresión significativa del consumo o la conversión (Cuadro 84).

Vander Pol et al. (2009) ofrecieron gluten feed de maíz al 20% (base seca) a dietas basadas en grano húmedo de maíz o con inclusión de burlanda seca con solubles (al 40% base seca) y

no detectaron diferencias en la respuesta animal (aumento de peso y conversión). El gluten feed, combinado con la burlanda de maíz permitó reducir la cantidad de grano molido de maíz del 67 al 27%, sin perder potencial de engorde. La experiencia se realizó con animales pesados de frame grande y los aumentos de eso superaron los 2 kg/día.

Nitrógeno no proteico

La inclusión de urea (o formas similares de nitrógeno no proteico) en dietas de rumiantes requiere de alta capacidad fermentativa en rumen y un actividad ruminal desarrollada, de lo contrario se convierte en un tóxico que puede generar amoniosis (intoxicación por circulación de amoníaco en sangre). Fluharty et al. (2000) demostraron que terneros de 3 meses al destete toleran dietas de alta energía con un contenido de urea de 0.4% de la dieta (base seca).

Dietas con alto contenido de urea son comunes en la experimentación (Pordomingo et al., 1999a,b, 2000). En novillos, Cooper et al. (2002a) demostraron que con la adición de urea hasta el 1,2% de la dieta la respuesta en aumento de peso fue lineal (Cuadro 39). La evidencia experimental indica que la respuesta a la inclusión de urea existe en la medida quel se logra y mantiene un balance de proteína metabolizable positivo y siempre que no aparezcan limitaciones en la oferta de energía al rumen. Por su parte el aporte de nitrógeno dietario es efectivo hasta que se cubre la necesidad ruminal (Koenig y Beauchemin, 2013b).

En novillos o vaquillonas por encima de los 250 kg de peso vivo, los niveles máximos de urea ofrecidos sin problemas de intoxicación o costos energéticos adicionales (detoxicficación) se ubican en el 1,2% de la dieta total. Niveles de 0,8 a 1,0% de urea son comunes en muchos feedlots. A manera de seguridad, es conveniente llegar al nivel máximo progresivamente, empezando con un 0,5% de base e incrementando la cantidad de urea a razón de 0.1% cada 2 o 3 días. Ese acostumbramiento es importante para adaptar por un lado al comportamiento ingestivo y el metabolismo del animal (el rumen, el hígado y la recirculación de la urea), y por otro al mezclado y manejo de la dieta.

El agregado de urea exige también un buen mezclado con el alimento, y sería mejor si se incluye en un pelleteado con grano y harinas proteicas o afrechillo que participen de la dieta. En el caso de no contar con la posibilidad de incorporarla en un concentrado proteico peleteado se puede agregar perlada o granulada en una premezcla con grano molido, que la diluye en un mayor volumen de material, el que luego se incorpora al total del alimento.

En dietas húmedas a base de silajes de granos húmedos o de planta entera, el mezclado y distribución homogénea de urea y sales minerales es más fácil de lograr. La humedad favorece la adherencia de las partículas finas y secas. La urea es muy higroscópica por lo que tiende a absorber agua y adherirse, disolviéndose en parte. El mojado de granos secos con 5 a 8% de agua previo a la inclusión de la urea y el núcleo mineral o sales es una práctica frecuente en sistemas de mucho grano entero y poca fibra. En estos casos, si se incorpora harina de girasol, soja, o afrechillo de trigo peleteados es conveniente mojar el grano previo a la carga de estos concentrados. Los pellets de estos subproductos son higroscópicos y se deshacen si entran en contacto con el agua, perdiendo consistencia y palatabilidad.

La máxima homogeneidad de mezclado de ingredientes que se aportar en cantidades inferiores al 1% (urea, sales minerales y vitaminas) se logra mediante inclusión en forma líquida, asperjando sobre los ingredientes mayores (granos, harinas, silaje o heno). Ello exige sin embargo, de una mezcla y dilusión previa a la carga del mixer o camión de reparto. Las mezcladoras estáticas de alto volumen son poco utilizadas en los feedlots de Argentina pero serían la mejora herramienta para el mezclado adecuado previo al reparto. Por su costo se justifican en emprendimientos grandes (más de 5000 animales).

Requerimientos de proteina

El requerimiento de proteína bruta y metabolizable decrece con el incremento de la edad, del peso y del nivel de engorde del animal (Figura 1). Terneros al destete (más de 5 meses) tienen requerimientos de 14 o 16% de proteína bruta y los novillos de más de 400 kg del 11 a. 13%. El requerimiento de proteína bruta, sin embargo, depende también de la metabolicidad de la proteína. Si la calidad de la proteína es baja y una fracción alta de la misma (superior al 35%) proviene de una fuente nitrogenada no proteica, los requerimientos de proteína bruta se incrementan para alcanzar los mínimos de metabolizable. En esos casos podemos encontrarnos que un ternero requiere 16% de proteína bruta y un novillo en terminación necesitar un 14%.

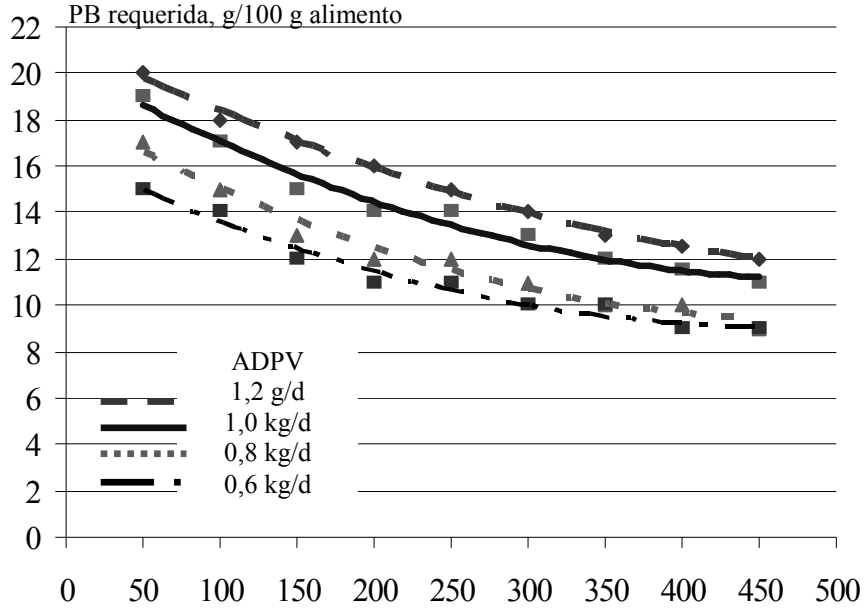


Figura 1. Requerimientos estimados de proteína bruta (PB) de terneros y novillos en crecimiento (NRC, 1998) para distintos aumentos de peso (ADPV)

La historia nutricional previa al ingreso a los corrales de engorde también tiene efectos sobre los requerimientos proteicos y la respuesta a la proteína de la dieta (Sainz et al., 1995). El requerimiento de proteína se incrementa con el aumento compensatorio en el animal. Recrías muy restrictivas generan efectos compensatorios en la fase de corral, donde los requerimientos proteicos se elevan en 1 o 2 puntos (ej. 14 a 16 % en terneros y de 12 a 14 % -base seca- en novillos).

Desde el punto de vista de la calidad también es mayor el requerimiento en animales jóvenes donde el aporte de formas nitrogenadas no proteicas (ej. urea) debería ser tal que el su aporte equivalente en proteína bruta no supere el 33% del total de proteína bruta ofrecida. En terneros de destete precoz y anticipado (60 a 120 días) no sería conveniente incorporar fuentes de nitrógeno no proteico (ej. urea) debido a la limitada capacidad de producción de biomasa microbiana en el rumen.

Minerales y vitaminas

Para garantizar la conversión de alimento a carne en estos planteos no debe obviarse o subestimarse el rol del suplemento mineral y vitamínico para evitar carencias y deterioro de la conversión. Debe asegurase en ese suplemento la presencia de sal común, calcio, fósforo y magnesio, sumamente necesarios para animales jóvenes en crecimiento. Dada las dificultades de mezclar cantidades pequeñas, se sugiere utilizar correctores minerales que ya contienen sal y macro-minerales (Ca, P, Mg) pre-mezclados con los micro-minerales y la monensina u otro ionóforo. Estas observaciones son muy importantes en los casos en que se plantee no utilizar ningún tipo de fibra larga (henos).

Los animales grandes, próximos a la terminación (ej.- más de 380 kg en razas británicas) tienen en términos relativos menos requerimientos de minerales y vitaminas que los terneros o vaquillonas y podría evitarse el uso de minerales y vitaminas si la fase de terminación no supera los 60 días. En categorías más jóvenes (terneros y vaquillonas) el uso de estos elementos es inevitable ya que los requerimientos superan los aportes de minerales que pueden hacer los granos y los concentrados proteicos por sí solos.

En el caso del fósforo, el aporte de fósforo a través del grano puede ser suficiente (Erickson et al., 1999, 2002). Los requerimientos de fósforo de acuerdo a NRC (1996) asumen un requerimiento diario de mantenimiento de 16 mg/kg peso vivo y de 3,9 g por cada 100 g de proteína retenida, con una absorción media del 68%. Sin embargo, Erickson et al. (1999 y 2000) han probado que los modelos actuales sobredimensionan los requerimientos reales, pudiendo reducirse entre un 40 a un 50% sin afectar factores de crecimiento o terminación. Ello implica que de formulaciones con 0,35% de fósforo (de acuerdo a tablas NRC, 1996), podría formularse con 0,16 a 0,22% de fósforo). El Cuadro 50 muestra los resultados de uno de los ensayos citados (Erickson et al. (2000) donde se pone en evidencia la insensibilidad de la respuesta al incremento de fósforo en la dieta de animales alimentados a corral. El aumento de peso resultó semejante entre tratamientos, también la eficiencia de conversión y las características de la carne (espesor graso, tamaño de ojo de bife y marmolado).

En estas categorías, el nivel de calcio y magnesio requiere ser incrementado por encontrarse siempre en cantidades deficitarias en las dietas de alto grano (Kincaid, 1988). Los requerimientos de calcio tabulados por NRC (1996) exigen una concentración de al menos 0,35% de la dieta (base seca).

Erickson et al. (1999) detectaron una menor eficiencia en dietas con 0,70% de calcio, comparadas con las de 0,35%. De manera similar, Dowe et al. (1957) observaron un deterioro del aumento de peso cuando el Ca se incrementó de 0,4 a 2,6%. Varner and Woods (1972) observaron una mejora lineal en el aumento de peso cuando contenido de Ca incrementó de 0,20 a 0,41% , pero no detectaron mejoras cuando se superó el nivel del 0,50% en novillos sobre dietas de alto concentrado energético. Huntington (1983) alimentaron con 0,3, 0,6, 0,9, y 1,2% de Ca en la forma de carbonato de calcio y observaron que la concentración óptima de Ca se encontraba entre 0,3 y 0,6% en dietas de novillos que recibían una dieta con 85% concentrado. En dietas con aporte graso (que contienen aceites o grasa animal), la interacción entre la grasa y el calcio en exceso podría resultar en una depresión de la absorción de grasas y una menor ganancia de peso (Bock et al., 1991.)

Ricketts et al. (1970) evaluaron 3 relaciones entre calcio y fósforo (Ca/P): 1:1, 4:1 y 8:1 con terneros y concluyeron que la performance era inferior en los que fueron alimentados con la relación 8:1. Wise et al. (1963) evaluaron rangos de 4:1 a 14,3:1 con terneros de 114 kg calves and y concluyeron que los óptimos de performance se dieron entre los rangos 1:1 a 7:1. Erickson

et al. (1999) sugieren como la relación de 4:1 como relación de referencia para las formulaciones con alto contenido de grano.

El uso de conchilla (carbonato de calcio) es común como fuente de calcio pero de escaso valor biológico. Existen en el mercado concentrados minerales comerciales con fuentes de calcio y fósforo de mayor valor biológico. También se utilizan oxidos de calcio y sulfatos de calcio. El fosfato dicálcico es una fuente común de fósforo y calcio. Las formas orgánicas de presentación de los minerales (quelados) son de mayor disponibilidad biológica y por lo tanto mas eficientes, pero su costo y disponibilidad las hace frecuentemente inviables en el pais.

El aporte de zinc, cobre, selenio, molibdeno, cobalto, hierro, boro, y manganeso es necesario (Hill et al., 1996). En particular, los dos primeros son frecuentemente deficitarios en muchos suelos y aguas de la mayor región ganadera del país. Estos elementos están íntimamente relacionados con la integridad de los epitelios y membranas, la funcionalidad del hígado y los procesos de deposición de proteína y hueso en el animal. Se requiere de su suplementación en todos los planteos intensivos.

El Cuadro 50 muestra el detalle de los ingredientes minerales incluidos y la oferta mineral resultante en dos dietas similares. Comúnmente los núcleos vitamínicos se diseñan para cubrir los requerimientos minerales de las raciones de confinamiento suponiendo un aporte mínimo de los ingredientes mayores (granos, harinas), pero en función de estos puede diseñarse el aporte mineral de la dieta con mayor precisión. En las tablas de nutrición (NRC, 1998, 2000, 2002) se muestran los requerimientos para las distintas categorías y tipo de animal. En algunos casos y en las categorías de mayor peso el aporte de minerales requerido por encima de los aportados por los granos, harinas y heno o silajes puede ser mínimo o nulo. La sal estará siempre en déficit.

El agua tiene incidencia en el aporte global de micro-minerales. Carencias de cobre, zinc y hierro en el agua pueden requerir de un aporte adicional de estos elementos. Por su capacidad para secuestrar calcio, cobre, magnesio y zinc, las aguas con alto contenido de flúor (mayor a 0,7 ppm) arsénico (mayor a 0,3 ppm) y sulfatos no serían recomendables. La dilución de esas concentraciones será la primera opción. Ante la ausencia de alternativas habría que incrementar la oferta de calcio, magnesio y micro-minerales en la dieta. Pero, dicha corrección será siempre parcial y poco efectiva.

Ionóforos y protectores de la fermentación

La acidosis es el principal problema del engorde a corral con alto contenido de grano. Por su rápida fermentación, el almidón produce acidificación del rumen (Owens et al., 1996). Se incrementa el contenido de ácido láctico (la producción de ácido aumenta y su transformación a otras formas disminuye) en rumen y cae el pH. También aumenta la absorción de ácidos hacia la circulación sanguínea. El animal entra en un estado acidótico y comatoso. Se acalambra la musculatura ruminal y la circulación periférica se hace más lenta. Se pierde elasticidad en el sistema circulatorio y muscular, particularmente el venoso se ve muy afectado y se edematizan los tejidos.

Se genera edema e inflamaciones de epitelios y membranas de los tejidos periféricos (muy visibles en las extremidades). El animal camina con dificultad y con dolores, y se producen heridas en la piel y en las articulaciones. Las lesiones en las patas pueden derivar en enfermedades podales com el pietín. La menor motilidad ruminal promueve la retención de gases que se acumulan en el rumen e hinchan al animal del lado izquierdo, de manera similar al empaste, pero esta hinchazón (timpanismo) no es espumosa por lo que cede ante una punción del rumen que permita liberar el gas.

En el aparato digestivo la funcionalidad ruminal se ve afectada. Ocurre paraqueratosis e inflamación del epitelio ruminal, se erosiona la superficie de absorción, degeneran las papilas y pierden la capacidad de absorción, y se hieren las paredes del rumen. Las heridas evolucionan en llagas, vías de ingreso de bacterias, proceso que deriva en infecciones hepáticas y abscesos. Los animales con acidosis subclínica retardan el crecimiento y el engorde. Esos animales tienen menor eficiencia ruminal, y menor función hepática, causales de un consumo deprimido y una menor conversión.

La presencia de ionóforos (monensina, lasalocid, etc.) en la dieta es necesaria para evitar el sobre-consumo y la acidosis o empacho (Pordomingo et al., 1999 a,b; Raun et al., 1976). El más utilizado es la monensina. Monensina es un ionóforo monovalente que opera como protector del sobre-consumo y modula la fermetabilidad de las proteínas y la producción de metano. La regulación del consumo y el mantenimiento de la función de las paredes del rumen son fundamentales para evitar caer en un síndrome acidótico.

El modo de acción de los ionóforos es múltiple. En primer lugar afectan las poblaciones bacterianas en el rumen. Promueven una fermentación de mayor captura de energía en formas de ácidos débiles más reducidos (propiónico vs acético (Pordomingo et al., 1990; Santini y Di Marco, 1983; Church, 1988). Reducen la metanogénesis (formación de metano – gas), la tasa de proteólisis ruminal y la población de protozoos. Intervienen en el balance de algunos minerales y en su absorción en las bacterias del rumen (afecta la bomba de sodio y potasio) (Pordomingo et al., 1990). Reducen además las poblaciones de coccidios y la degradación de vitaminas y provitaminas (Duff et al., 1990).

A través de todos estos efectos combinados, se aumenta la eficiencia de uso de la dieta, se homogeniza y regula el consumo, y se reduce el riesgo de acidosis subclínica. Se han determinado mejoras en la conversión entre el 8 y el 12% y eliminación del 100% del riesgo de acidosis con la adición recomendada y rutinaria de monensina en las dietas de alto contenido de grano en feedlot (Suber y Bowman, 1998; Pordomingo et al., 1999b). Niveles de 0,75 a 0,100 g de monensina por cada 100 kg de peso vivo serían los recomendados para controlar los factores de riesgo citados en dietas con consumos de 2,8 a 3% del peso vivo (base seca) en las dietas con escasa o nula fibra larga (menor al 10%).

Expresado en proporción del alimento a razón de 29 a 31 mg de monensina por kilo de alimento total (29 a 31 gramos en 1000 kg). En el caso en que esté formulada al 10% (ej. *Rumensin*), se agregará a la dieta incorporando entre 0,75 y 1 gramo de rumensin por cada 100 kg de peso del animal o 290 a 310 gramos por cada 1000 kg). En el caso de uso de lasalocid (Bovatec) la proporción de ingrediente activo es de un 15% mayor que la de monensina para lograr efectos similares en aumento de peso (Pordomingo et al., 1999a). Se debe recalcar que estas sugerencias suponen una dieta de base de alta calidad (con energía para alto ritmo de engorde) y cantidades bajas de fibra larga.

En dietas basadas en silajes de maíz, sorgo, avena o pasturas (más de 30% de silaje en base seca) el riesgo parálisis ruminal y de acidosis es menor por lo que la dosis de monensina pueden reducirse a la mitad. Su uso, sin embargo, sería de utilidad por sus efectos sobre la metabolicidad de la dieta, la modulación del consumo diario y en definitiva en la mejora de la conversión.

El acostumbramiento

El acostumbramiento merece especial atención. En ese período el rumen del animal deberá acostumbrarse progresivamente a fermentar altas cantidades de almidón sin que se provoquen trastornos digestivos. El rumiante proveniente del pastoreo no está preparado para fermen-

tar y digerir grandes cantidades de almidón (Church, 1988). El rumen tiene que adaptarse, tanto la microflora ruminal (bacterias del rumen) para realizar el trabajo fermentativo, como la funcionalidad de las paredes del rumen y el hígado del animal para remover y procesar los metabolitos (nutrientes) emergentes de la fermentación.

Por un lado, la microflora ruminal debe mudar de preferentemente celulolítica (especializada en degradar celulosa) a amilolítica (especializada en degradar almidón). Este cambio de dominancia de poblaciones bacterianas es disparado en la presencia de almidón y para alcanzar un nivel de actividad amilolítica alto y sostenido lleva entre 10 y 14 días (Storry y Sutton, 1969). El almidón expuesto en el rumen se fermenta rápidamente degradándose a ácidos grasos de distinta longitud de cadena y actividad ácida, los deseables son los ácidos más débiles (pK alto comparado con el del ácido láctico, 4,7 vs 3.8). Para que el proceso fermentativo sea estable y sostenido, estos metabolitos deben ser removidos del medio, previa absorción a través de las paredes del rumen (Church, 1988).

Si por motivos fermentativos (ritmo de fermentación muy alto) o funcionales (absorción comprometida) la remoción de ácidos es deficiente, la acidez del rumen aumenta (el pH cae), lo que reduce a su vez la absorción y promueve una mayor depresión del pH. En ese escenario los ácidos grasos volátiles no removidos continúan su degradación hacia formas ácidas más fuertes (ej. ácido láctico). La presencia de ácidos en alta concentración lastima o erosiona la superficie de absorción (las paredes del rumen). El mismo medio ácido impide el desarrollo de las bacterias metano-genéticas (generadoras de metano, una de las formas más reducidas del carbono, que opera como mecanismo de apoyo en la reducción de potencial reductor) (Cheng et al., 1998).

Paralelamente, se reduce la motilidad ruminal por efecto del aumento de la concentración de ácido láctico en la musculatura de las paredes ruminales. La pérdida de motilidad resulta en la reducción drástica de la eruptación y la acumulación progresiva de gases en el rumen. El animal progresa hacia un cuadro de timpanismo por empacho. La sobrecarga de ácido láctico en circulación supera la capacidad detoxificadora del hígado y aumentan los niveles en la circulación periférica comprometiéndose los tejidos epiteliales y articulaciones en primer lugar (efectos de infosura o hinchazón y deformación en patas y manos, dolores reumáticos y complicaciones motrices) (Cheng et al.,1998) .Cambian también la química sanguínea y los perfiles endócrinos (Brown et al., 2000a).

Por otro lado, la capacidad de absorción del epitelio ruminal tiene que adecuarse a un mayor ritmo de remoción de ácidos grasos volátiles. Con la fermentación amilolítica crece la producción total de ácidos grasos y crece la proporción de propiónico en relación a la de acético. También aumenta la carga de ácido láctico en el licor ruminal y en la circulación sanguínea del tejido de las paredes del rumen. El epitelio ruminal (las papilas) tiene que adaptarse a ese medio más ácido e incrementar su actividad metabólica. Esta adaptación requiere de tiempo y un cambio de pH moderado. Si la caída del pH es rápida y decrece en pocos días por debajo de 5.0 el proceso adaptativo se detiene y comienza una reacción auto-protectora del epitelio pero degenerativa del mecanismo de absorción (paraqueratosis).

El proceso de acostumbramiento de los animales a la dieta de alto contenido de almidón necesita de 14 a 21 días. En ese período el rumen se adapta a la nueva fuente de energía. Esto implica que las paredes ruminales adecuan su estructura papilar para soportar un medio más ácido, que la maquinaria de remoción de ácidos grasos se estimula, y que el hígado aumenta la capacidad de procesamiento de metabolitos ácidos en formas tolerables para el resto de los tejidos (ácidos grasos de cadena larga y triglicéridos).

Por su parte, el comportamiento animal cambia, en ese período se de reducir progresivamente el nivel de estrés por encierre permanente y aprender rutinas. Durante el acostumbramien-

to el animal aprende a comer con mayor frecuencia y menor intensidad. El estrés retarda el acostumbramiento a dietas de alta energía, particularmente por los cambios en la circulación sanguínea que provoca. Altera el comportamiento ingestivo, provoca asincronías en el tracto digestivo y altera los procesos digestivos.

Importantes en la regulación de la acidez (o el pH) son la salivación y le reciclado de electrolitos via la pared ruminal. Mediante la saliva se produce la incorporación de sustancias "*buffer*" y es la principal via (Waldo, 1976). La producción de saliva está directamente relacionada con la rumia o re-masticación del alimento y esta necesidad íntimamente asociada a las fracciones gruesas de la dieta, particularmente la fibra larga (Church, 1988). Debería comenzarse con una dieta mayoritaria en heno (fibra) para en el término de 14 a 21 días estar en la dieta de alto grano. La velocidad de este proceso depende de la rutina y la capacidad de adaptación de los animales.

Existen varias estrategias de acostumbramiento o adaptación sugeridas en la experimentación o practicadas por las empresas. Lyle et al. (1981) reportaron que el reemplazo de heno por grano a razón de 0,5 kg/día les permitía alcanzar el consumo de una dieta de 90% concentrado en 14 días. Pordomingo et al. (1999 a,b) reportaron una estrategia de acostumbramiento a dietas de 90% concentrado consistente en 3 etapas, una primera donde el heno constituía el 60% de la dieta durante 7 días, una segunda con 50% de heno durante 7 días y una tercera con 25% de heno durante 7 días, para a partir del día 21 se pasaba a una dieta con 90% concentrado y 10% de fibra.

Pordomingo et al. (1999ab, 2002, 2003) sugieren un acostumbramiento en dos etapas para llegar a dietas de 75% de grano. Se propone ofrecer un alimento con 50% de grano en una primera etapa durante 7 días, luego incrementar a 65% de grano en los 14 días subsiguientes (segunda etapa), para incrementar al nivel de 75% de grano correspondiente a la dieta final. En dietas con más de 75% de grano sería necesario anexar una tercera etapa de una semana de alimento basado en 75% de grano para, cumplida la misma pasar al nivel mayor y definitivo. Una estrategia simple consiste comenzar con una dieta con 30% de grano durante 4 días, luego pasar a 40% de grano durante 4 días, luego a 50% de grano durante 4 días , luego a 60% de grano durante 4 días y finalmente instalarse en la dieta de mayor concentración (ej. 75 a 85% de grano).

Como alternativa al suministro de dietas de distinta concentración energética en etapas, algunos feedlots han implementado con éxito un sistema de dietas de alta y baja fibra combinadas durante los efrecidos en el día. Se comienza con una dieta de alta fibra (60% al menos) durante 7 días, luego se ofrece por la mañana la mitad de la cantidad diaria con la misma dieta de alta fibra y por la tarde la de baja fibra. Esta estrategia se sigue por 10 a 14 días subsiguientes y a partir de la tercer semana (21 días) se ofrece la dieta de baja fibra (terminación). Esta estrategia simplifica la construcción de dietas diversas en el mismo día y se simplifica la logística de adimistración de dietas a los corrales.

Para lograr buena adaptación a las rutinas, los comederos y el entorno se prefiere dar prioridad a la calidad de alimentos durante la etapa de adaptación. Ello implica que en las dietas de alta fibra se ofrescan henos o ensilajes, granos y concentrados proteicos de buena palaptabilidad, dejando los granos de menor aceptación y henos o silajes de menor palatabilidad para las etapas posteriores.

En el caso de animales con síntomas de acidosis u otro trastorno digestivo es conveniente reducir la concentración energética de la dieta mediante el incremento del contenido de fibra (ej. pasar a una dieta de 40 o 50% de heno y 50% de concentrado), pero no pasarlos a una dieta de heno solo porque el animal no tendrá un rumen acostumbrado a digerir fibra. El heno debería ser de alta calidad. Luego de recuperado el nivel de consumo y desaparecidos los síntomas acidóti-

cos (inflamaciones, hinchazón, edemas, dificultades motrices, etc.) se le podrá incrementar el nivel de concentrado a los niveles anteriores, aunque a estos animales sería conveniente no exponerlos a dietas de muy alto grano (ej. superiores a 75% de grano). Muchos de ellos tienen una susceptibilidad innata a los trastornos digestivos debida, entre otras causas, a una menor capacidad de salivación o menor motilidad ruminal.

El acostumbramiento es más dificultoso en terneros que en novillitos y novillos, especialmente si los terneros nunca han estado expuestos al grano, provienen de un destete anticipado o de muy bajo peso, tienen un estado general pobre (se encuentran delgados y deficientes en vitaminas y minerales). El método de acostumbramiento puede ser cualquiera de los arriba sugeridos. Sin embargo, aquí es importante la calidad del heno utilizado durante al menos los primeros 14 días. Ese heno tiene que ser de buena calidad y sería conveniente que durante los dos primeros días los terneros coman una dieta con 75% heno de buena calidad (ej. heno de alfalfa).

El consumo y la forma de alimentación

El consumo es el primer factor y el más directamente asociado al crecimiento y al aumento de peso. Altos consumos en forma sostenida (mayores al 2,5% del peso vivo) se correlacionan con altos aumentos de peso (NRC, 2002). El nivel de consumo diario voluntario de bovinos para carne sobre dietas de alta calidad se aproxima al 3% del peso vivo (observar consumo en cuadros más adelante). En las categorías jóvenes el consumo será equivalente al 2,8 a 3,2% del peso vivo o algo superior. En las categorías más grandes (novillos de 350 kg para arriba) el consumo diario puede variar entre el 2,6 al 2,8% del peso vivo. En términos absolutos, un novillo de 300 kg de peso vivo estaría dispuesto a comer entre 8 y 9 kg de materia seca en alimento total por día. Los terneros, en relación a su peso, comen más que los animales de mayor edad, por lo que en un terneros de 200 kg de peso podría esperarse un consumo ad libitum de 3% de su peso o superior, o sea 6 a 6,5 kg de materia seca/día.

Con dietas de alta concentración de energía metabolizable (superiores a 80% de concentrado), el consumo puede deprimirse con respecto a los niveles logrados con dietas de menor concentración energética debido al efecto de los mecanismos quimiostáticos sobre la saciedad. Por su parte, con el incremento del contenido de componentes fibrosos (henos, silajes y cáscaras) por encima del 50% de la dieta, también el consumo voluntario diario puede deprimirse. En el caso de dietas basadas en silaje de planta entera (con alto contenido de agua y pH por debajo de 4,5) debe tenerse en cuenta que se puede deprimir el consumo respecto de los forrajes secos, siendo frecuente consumos de menos de 2,5% del peso vivo.

Debemos tener en cuenta las consideraciones sobre el consumo para no subestimarlo o desconocerlo. Si se pierde la noción del consumo, perdemos el control del indicador más relevante del engorde a corral: la conversión (de alimento a aumento de peso). Si bien muchos *feedlots* trabajan ofreciendo a voluntad (comedero lleno), sería ideal alimentar en forma intermitente varias veces al día (2 o más) para evitar grandes volúmenes en el comedero que pierden calidad, la separación de las fracciones componentes del alimento por selección o por migración de las partículas más finas hacia el fondo del comedero, y tener un mayor control diario.

La oferta que promueve un consumo frecuente per en cantidades bajas (baja intensidad) permite estabilizar el pH ruminal en niveles superiores a 5.5 y eliminar los efectos indeseables debidos a la caída del pH por consumo de gran cantidad de alimento en ofertas menos frecuentes (Kaufmann, 1976; Kaufmann et. al., 1980). Este es en parte el objetivo de muchos métodos de procesado del alimento que aportan volumen y humedad al alimento para reducir la tasa de consumo de energía metabolizable, maximizando el uso de la misma.

En la práctica, los feedlots de gran escala alimentan tres veces al día. En esos sistemas se sugiere comenzar con la primera oferta de alimento de 4:00 a 6:00 de la mañana, realizar la segunda entre las 11:00 y las 13:00 de la mañana, y la tercera entre las 16:00 y las 18:00. En los casos en que resulte muy poco práctica o costosa esa frecuencia de alimentación, se propone ofrecer el alimento dos veces por día al menos, dividiendo en 2 la oferta diaria (según los cálculos sugeridos anteriormente). Al ofrecer 2 o 3 veces al día el consumo será más homogéneo, la separación de componentes de la dieta menor, habrá menor incidencia de acidosis subclínica (empacho) y también menor desperdicio que alimentando una vez al día. Aún con alimento disponible en el comedero, la oferta de alimento fresco promueve el consumo intermitente (comer un mayor número de veces) y reduce la tasa de consumo y reduce el estrés.

Para mantener un rumen en buen funcionamiento, sin acidosis subclínica o cambios drásticos en la generación de metabolitos que pudieren alterar la función hepática, sería aconsejable que el procesado de los granos, el mezclado de la dieta y la forma de alimentación permitan contar con un alimento completo y balanceado frente al animal cada vez que este se acerque al comedero (Russell y Rychlik, 2001).

La oferta de fracciones por separado (concentrado por una lado y rollo o fuentes de fibra por otro) no es conveniente. Sin embargo, en el caso de hacerlo por no contar con otra posibilidad de aporte de fibra, se sugiere dar heno (rollo o fardo) por horas (2 o 3 horas por día), permitiendo el acceso a los rollos por ese período de tiempo y luego retirar los animales con un hilo eléctrico. De esta manera, se pueden colocar varios rollos por corral para que todos los animales puedan tener acceso a algo de rollo, poder ofrecer un rollo de calidad media como para que todos los animales estén dispuestos a comer y lograr un consumo más homogéneo en el lote, pero evitar un consumo excesivo mediante la oferta por tiempo limitado.

Se sugiere planear el comedero con un frente de 30 cm por animal, dispuesto sobre una de las caras del corral (acceso de los animales por un lado solamente). Esto permitirá que al menos el 70% de los animales tengan acceso al comedero al mismo tiempo. Los comederos de bolsa o plástico funcionan bien para planteos temporarios o de baja escala. (Ver instalaciones en capítulos siguientes.)

La rutina de alimentación es importante. No deberían alterarse o molestarse los animales con pesadas demasiado frecuentes u otros movimientos innecesarios. Toda pesada o vacunación debe ser planeada tratando de evitar ayunos prolongados que puedan exponer a sobre consumos y empachos posteriores.

Alimentación restringida

La alimentación restringida al 85 o 90% del consumo voluntario del animal es una estrategia que algunos feedlots incorporan para mejorar la eficiencia de conversión y regular los sobre-consumos (Galyean, 1999). En la mayoría de las dietas de alta energía (a base de 70 a 90% de grano), la restricción de la oferta diaria de alimento en un 10 a 15% con respecto al consumo voluntario esperable resulta en aumentos de peso similares a los alcanzables en consumo ad libitum, particularmente en etapas tempranas del engorde (Hicks et al., 1996). Se favorece incluso el flujo de compuestos nitrogenados hacia el tracto inferior (Murphy et al., 1994 b; Sip et al., 1991).

En la medida en que se aproxima la fase final y el grado de engrasamiento deseable es elevado, los sistemas de consumo sin restricciones superan en tasa de aumento y engrasamiento a los que restringen el consumo (Rossi et al., 2000; Loerch y Fluharty, 1998b). El Cuadro 51 resume resultados del ensayo comparativo de Rossi et al. (2000), con una dieta ofrecida ad-libitum, de alto grano, con la misma ofrecida al 90% del consumo voluntario. Los aumentos de

peso resultaros similares y la eficiencia de conversión mejoró con la restricción de la oferta al 90%.

A niveles de engrasamiento bajos (ej como los demandados en Argentina), el grado de engrasamiento y el rendimiento resulta similar para ambos sistemas (Galyean, 1999). Pero, debido a un consumo diario menor se logra una mejora en la eficiencia de conversión con la estrategia de alimentación con oferta restringida (Murphy y Loerch, 1994; Loerch y Fluharty, 1998a; Owens et al., 1997; Wessels y Titgemeyer, 1997). Este sistema obliga también a un mayor seguimiento de los animales y a la "lectura permanente del comedero" para manejar la oferta sin excederse en la restricción. Rossi et al. (2000). La estrategia de alimentación para ganancias programadas es menos frecuente en Argentina que la de aumentos máximos, pero se impone en los sistemas que incorporan el engorde a corral de recría o de terminación a fecha fija.

Estrategias de recría o crecimiento a tasa limitada (ej. 0,7 a 0,8 kg/día) utilizan también a la restricción de la oferta diaria (a niveles de 65 a 70% del consumo voluntario o 2,0 a 2,5% de peso vivo), y la proporción de fibra en la dieta, como las dos herramientas para planteos de aumentos de peso programados. Estos modelos son de fácil implementación cuando existe un recurso fibroso como el silaje para manipular la concentración energética de la dieta y más complejo cuando la dieta es de alto grano. La restricción de la oferta diaria para controlar el engorde requiere de un mayor espacio de comedero para que los animales pueda comer en forma simultánea, de lo contrario el consumo puede ser desparejo.

En diseños de dieta de oferta restringida es conveniente dimensionar la oferta de proteína en términos absolutos (gramos de proteina bruta consumida por día por el animal). La restricción al consumo en animales en crecimiento debería imponer restricciones en la oferta energética pero no limitar la satisfacción de los requerimientos proteicos para el crecimiento (aumento de peso) esperado. En otros términos, la oferta de energía podría limitarse a la mitad de la requerida para cubrir el potencial de crecimiento y engorde de animales jóvenes, pero no debería limitarse a la mitad la oferta proteica. Una restricción del consumo en un 30% para limitar el engrasamiento temprano, dependiendo de los requerimientos del animal, implica una reducción de la demanda de proteina (sin comprometer el desarrollo normal) no mayor al 10%. En términos prácticos, los requerimientos de proteina bruta del novillo o vaquillona de las razas británicas y sus cruzas, dentro del biotipo mediano y los pesos de faena, común en la ganadería argentina, se mueven en el rango de los 800 a 1300 g/día. Los más jóvenes y livianos, con aumentos de peso controlados tienen demandas de proteina por debajo de 1 kg/día y los de mayor peso y en ritmo de engorde alto tienen por encima del misno. La calidad de la proteína permite un mayor ajuste de estos valores de referencia y un ahorro en cantidad diaria pero para ello se hace necesario tener información sobre su metabolicidad. El ajuste por metabolicidad permitiría lograr mejoras de la eficiencia de conversión de la proteína bruta y de la dieta entre el 10 y el 15% (Pordomingo et al., 2003; Cuadro 40, 41 y 42).

Cuadro 1. Composición de dietas comunes para engorde de terneros y de novillos

	Terneros					Novillos		
	T1	T2	T3	T4	T5	N1	N2	N3
Ingrediente, %								
Harina soja	0	0	0	10,0	17,0	6,2	0	0
Harina girasol	22,0	22,0	17,0	0	0	0	10	0
Maíz	67,5	38,3	20,0	41,5	68,0	80,0	30,0	46,0
Sorgo	0	30,0	20,0	0	0	0	48,2	0
Avena	0	0	34,5	38,0	0	0	0	42,0
Heno pastura	7,0	7,0	5,0	7,0	12,0	10,0	8,0	8,0
Urea	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,8	0,8	1,0
Núcleo vit-min.	3,0	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Sal	0	1,0	0	0	0	0	0	0
Conchilla	0	0,6	0	0	0	0	0	0
Fosf. magnesio	0	0,3	0	0	0	0	0	0
Micro núcleo	0	0,3	0	0	0	0	0	0
composición nutritiva, %								
Proteína bruta	15,1	15,1	15,0	15,0	15,0	13,2	13,1	12,9
Fibra (FDA)	12,7	10,2	13,3	9,9	9,9	10,3	10,2	10,0
EM, Mcal:kg	2,74	2,83	2,72	2,82	2,82	2,80	2,83	2,84

Dietas sugeridas por el autor como ejemplo

Cuadro 2. Composición nutricional de granos, forrajes y sbu-productos utilizados en alimentación a corral[1]

	MS	PB	FDN	FDA	EE	DMS	EM	NEm	NEg
	%	%	%	%	%	%	Mcal/kg MS		
Harina girasol	92	31.4	46.7	32.5	2.7	63.6	2.29	1.42	0.84
Harina de soja	92	45.5	30.5	10.7	2.2	83.5	3.01	2.04	1.38
Burlanda maiz	30	33.8	32.8	13.5	11.5	78.4	2.83	1.89	1.25
Burlanda sorgo	35	42.5	33.6	15.2	10.3	77.1	2.78	1.85	1.22
Gluten feed maiz	32	22.8	45.5	11.5	5.9	79.9	2.88	1.94	1.29
Gluten feed sorgo	34	27.9	30.1	13.2	5.3	78.6	2.84	1.90	1.26
Afrechillo trigo	87	17.7	35.3	18.2	4.3	74.7	2.70	1.78	1.15
Afrechillo arroz	87	13.8	25.3	13.4	2.6	72.1	2.60	1.69	1.08
Poroto soja	88	34.5	30.2	22.2	20.2	71.6	3.56	2.48	1.75
Sojilla	88	25.2	63.5	45.2	12.2	68.1	2.62	1.71	1.10
Semilla algodón	87	24.0	45.7	32.0	22.4	64.0	3.20	2.19	1.51
Silaje de maíz	35	7.2	55.8	31.4	2.8	64.4	2.32	1.45	0.86
Silaje de sorgo	37	7.5	52.5	35.8	3.2	61.0	2.20	1.34	0.76
Silaje de alfalfa	32	15.3	61.2	41.9	2.5	56.3	2.03	1.18	0.62
Heno de alfalfa	86	16.5	55.3	41.2	2.7	56.8	2.05	1.20	0.63
Heno de pastura	86	11.8	65.5	45.5	2.8	53.5	1.93	1.08	0.53
Sorgo molido	88	9.1	22.2	11.5	3.7	77.1	3.02	2.05	1.39
Maíz entero	88	8.7	10.1	3.6	2.9	86.1	3.11	2.12	1.45
Maíz molido	88	8.7	10.1	4.5	2.8	85.4	3.08	2.10	1.43
Maíz en copos	88	8.6	9.8	4.2	3.1	85.6	3.09	2.11	1.44
Cebada aplastada	88	11.3	26.5	12.1	2.5	80.1	2.89	1.94	1.30
Avena apastada	88	12.3	45.3	15.3	3.2	75.3	2.72	1.79	1.17
Trigo aplastada	88	13.5	14.1	7.8	3.2	85.9	3.10	2.11	1.44
Cáscara soja	88	16.7	58.9	50.2	2.5	47.3	1.71	0.87	0.33
Cáscara girasol	85	9.0	72.3	52.4	2.1	38.5	1.39	0.54	0.02
Cáscara maní	85	7.8	82.1	69.4	2.5	28.0	1.01	0.13	0.00
Cáscara sem. alg.	89	7.5	82.6	65.2	3.7	38.1	1.37	0.53	0.01
Cáscara arroz	90	8.4	78.5	56.1	1.3	38.5	1.39	0.54	0.02
Urea	92	275.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[1] Los valores son orientativos, compilados por el autor de muestteos en Argentina. No son representativos de regiones ni ponderaciones nacionales. Se sugiere tomarlos para comparaciones pero no para formulaciones de campo. En esos casos se recomienda analizar los alimentos.

MS = Materia seca; PB = Proteina bruta; DMS = Digestibildiad "in vitro" de la material seca; EE= Extracto etéreo; EM= Energía metabolizable; ENm = Energía neta mantenimiento (NRC, 1996); ENg = Energía neta ganancia de peso (NRC, 1996).

Cuadro 3. Consumo de materia seca (kg/d) de novillos alimentados con granos procesados por varios métodos [1]

	Cebada	Maíz	Sorgo	Avena	Trigo
Extrusado	8,96	9,45a	10,47a	9,20	8,97a
Alta humedad		8,72b	9,15b		
Copos	8,25	8,35c	8,68	9,12	8,1b
Entero	9,30	8,56bc			
Reconstituido			8,79bc		
EE[d]	23,55	37,34	22,82	1,08	48,37

[1] Owens et al.(1997)
[a,b,c] Medias en columnas con diferente letra difieren (P< 0,05)
[d] Error Estándar

Cuadro 4. Aumento diario de peso (kg/d) de novillos alimentados con granos procesados por varios métodos [1]

	Cebada	Maíz	Sorgo	Avena	Trigo
Extrusado	1,45	1,45a	1,43a	1,53	1,38
Alta humedad		1,37b	1,29b		
Copos	1,33	1,43a	1,4ab	1,48	1,38
Entero	1,38	1,45a			
Reconstituído			1,31ab		
EE[c]	2,43	1,29	1,45	0,52	1,74

[1] Owens et al.(1997)
[a,b] Medias en columnas con diferente letra difieren (P< 0,05)
[c] Error Estándar

Cuadro 5. Eficiencia de conversión de novillos alimentados con granos procesados por varios métodos [1]

	Cebada	Maíz	Sorgo	Avena	Trigo
Extrusado		6,57a	7,43a	6,01	6,59a
Alta humedad		6,43a	7,12ab		
Copos	6,19	5,87b	6,33c	6,18	5,92b
Entero	6,66	5,95b			
Reconstituído			6,75bc		
EE[d]	48,06	21,91	34,37	5,07	14,87

[1] Owens et al.(1997)
[a,b,c] Medias en columnas con diferente letra difieren (P< 0,05)
[d] Error Estándar

Cuadro 6. Contenido de EM (Mcal/kg MS) de granos procesados en dietas de novillos en confinamiento [1]

	Cebada	Maíz	Sorgo	Avena	Trigo
Extrusado	3,40[a]	3,26b	2,94b	3,36	3,32b
Alta humedad	_	3,41b	2,98b	_	_
Copos	3,52[a]	3,73a	3,56a	3,31	3,64a
Entero	2,85b	3,56b	_	_	_
Reconstituido	_	_	3,1b	_	_
EE[c]	6,90	7,95	3,48	1,15	2,75

[1] Owens et al.(1997)
[a,b] Medias en columnas con diferente letra difieren (P< 0,05)
[c] Error Estándar

Cuadro 7. Performance de dietas de feedlot basadas en cebada entera o aplastada, comparadas con dieta a base de maíz entero sobre el aumento diario de peso vivo (ADPV), el consumo de materia seca (CMS), de energías metabolizable (CEM) y de fibra (CFDN), y la conversión de la materia seca (ECMS), de la energía metabolizable (ECEM) y de la fibra (ECFDN) en novillitos

	Cebada entera	Cebada aplastada	Maíz Entero
FDN, %	21,3	23,0	16,3
ADPV, kg	1,5a	1,3b	1,6a
CMS, kg	9,1	7,9	8,3
CEM, Mcal	26,7	23,3	22,9
CFDN, kg	1,93	1,82	1,35
ECMS, CMS/ADPV	6,0a	6,1a	5,3b
ECEM, Mcal/ADPV	17,7a	17,8a	14,7b
ECFDN, CFDN/ADPV	1,3a	1,4a	0,9b

[1] Elizalde et al.(2003)
CE: 70% cebada entera, 30% afrechillo trigo
CA: 70% cebada aplastada, 30% afrechillo trigo
ME: 70% maíz entero, 30% afrechillo trigo
a,b Letras diferentes en filas indican diferencias significativas P< 0,05

Cuadro 8. Consumo y digestibilidad de MS, MO y almidón en el tracto digectivo de novillos alimentados con dietas que contienen grano de cebada procesados[1]

	Procesamiento					Contraste[3], p=	
	Molido		Aplastado		EE[4]	Lin.	Cuad
	Grueso	Medio	Medio	Intenso			
Indice procesam.[2]	82	75	70	65			
Peso Vivo, kg	445	452	457	455	3	0,03	0,15
Materia seca							
Consumo, kg/día	6,8	7,2	6,7	7,4	0,3	0,33	0,64
ADTT, %[5]	71,7	75,4	76,8	75,1	1,7	0,18	0,18
Materia orgánica							
Consumo, kg/día	6,4	6,8	6,3	7,0	0,3	0,33	0,64
Flujo a duodeno							
Total, kg/día	3,9	3,2	3,3	3,7	0,4	0,77	0,17
Microbial, kg/día	0,5	0,8	0,8	0,8	0,1	0,08	0,20
Digestibilidad							
Ruminal, %	47,4	63,2	58,3	56,9	4,9	0,32	0,13
Postruminal, %							
de MO consumida	35,0	26,0	32,6	31,6	5,1	0,88	0,47
de flujo a duodeno	56,4	47,5	55,5	53,4	6,6	0,97	0,62
ADTT, %	73,9	77,7	78,5	77,2	1,6	0,17	0,15
Almidón							
Consumo, kg/día	3,6	3,9	3,6	4,0	0,2	0,32	0,75
Flujo a duod., kg/d	0,7	0,6	0,5	0,5	0,1	0,19	0,51
Digestibilidad							
Ruminal, %	79,7	83,2	85,8	86,4	3,4	0,19	0,68
Postruminal, %							
MO consumida	16,9	13,5	11,7	11,6	3,4	0,30	0,64
flujo a duodeno	80,6	69,1	75,0	78,4	7,5	0,99	0,36
ADTT, %	96,5	96,7	97,5	98,0	0,3	0,02	0,60

[1] Beauchemin et al. (2001); [2] Peso de la cebada luego del procesamiento expresado como porcentaje del peso antes del procesamiento (base materia seca); [3] Efecto lineal y cuadrático de procesamiento del grano; EE: Error Estandar; [5] ADTT: Aparentemente digerida

Cuadro 9. Consumo y digestibilidad de MS, MO y almidón en el tracto digectivo de novillos alimentados con dietas que contienen grano de cebada procesados[1]

	Procesamiento					Contraste[3], p=	
	Molido		Aplastado		EE[4]	Lin.	Cuad
	Grueso	Medio	Medio	Intenso			
Indice procesam.[2]	82	75	70	65			
FDN							
Consumo, kg/día	2,09	2,06	1,78	1,95	0,09	0,13	0,29
Flujo a duodeno, kg/día	1,34	1,04	1,06	1,25	0,12	0,66	0,08
Digestibilidad							
Ruminal, %	35,5	49,2	38,3	35,6	4,9	0,65	0,15
Postruminal, %							
FDN consumida	19,1	7,2	15,0	13,8	7,7	0,82	0,51
flujo a duodeno	23,8	7,5	18,5	16,2	11,5	0,83	0,57
ADTT, %[5]	54,6	56,4	53,3	49,4	3,5	0,27	0,44
FDA							
Consumo, kg/día	0,68	0,69	0,71	0,84	0,03	0,01	0,07
Flujo a duodeno, kg/día	0,56	0,53	0,55	0,67	0,06	0,05	0,08
Digestibilidad							
Ruminal, %	17,6	21,9	20,6	19,2	2,7	0,77	0,33
Postruminal, %							
FDA consumida	5,0	5,0	13,6	16,0	3,3	0,03	0,73
flujo a duodeno	5,3	3,9	15,2	17,3	4,1	0,04	0,68
ADTT, %	22,6	26,9	34,3	35,3	4,6	0,07	0,73

[1] Beauchemin et al. (2001)
[2] Peso de la cebada luego del procesamiento expresado como porcentaje del peso antes del procesamiento (base materia seca); [3] Efecto lineal y cuadrático de procesamiento del grano; EE: Error Estandar; MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; FDN = Fibra detergente nuetro; FDA = Fibra detergente ácido; ADTT = Aparentemente digerida

Cuadro 10. Ingredientes y composición química de las dietas, %[1]

Ingredientes, %	
Silaje de cebada	9,7
Cebada aplastada o molida	86,0
Harina de canola	1,5
Carbonato de calcio	1,0
Fosfato de sodio	0,3
Sales minerales	1,5
Nucleo vitamínico	0,01
Composición nutritiva	
Materia seca,%	75,8
Proteina bruta, %	13,9
FDN, %	28,0
Almidón, %	45,7
EM, Mcal/kg	2,74

[1] Beauchemin et al. (2001)
FDN = Fibra detergente nuetro
EM = Energía metabolizable

Cuadro 11. Composición de las dietas con grano de maíz conservado de distintas formas para bovinos en engorde[1]

	T1	T2	T3
_____ % base MS _____			
Dieta			
GMS, molido	78,0	-	-
SMH, aplastado	-	78,0	-
MHU, entero	-	-	78,0
Heno alfalfa	14,0	14,0	15,0
Harina de girasol	5,0	5,0	5,0
Urea	1,0	1,0	-
Núcleo vitam./mineral[2]	2,0	2,0	2,0
Monensina[3]	0,025	0,025	0,025
Nutrientes[3]			
PB, %	13,2	13,2	17,2
FDN, %	21,3	17,0	21,1
FDA, %	9,5	8,7	10,1
DIVMS, %	78,9	79,5	79,2
EM, Mcal kg MS^{-1}	2,85	2,87	2,86

[1] Pordomingo et al., (2002b).

[1.] T1= Dieta basada en grano de maíz seco (GMS); T2= Dieta basada en silaje de grano de maíz húmedo (SMH); T3= Dieta basada en grano de maíz húmedo, conservado con urea (MHU).

[2] Núcleo vit. / min. = Núcleo vitamínico y mineral: Vitamina A = 73000 UI, Vitamina D3 = 7300 UI, Vitamina E = 120 UI, Fe = 1660 mg, Cu = 340 mg, Co = 4 mg, I = 17 mg, Zn = 1350 mg, Mn = 1300 mg, Se = 7 mg, Mg = 16500 mg, P = 50870 mg, Ca 220000 mg, Cl = 130000 mg, K = 34650 mg, Na = 66600 mg, Aromatizante = 2000 mg, Excipiente C.S.P. = 1.000 g (Biofarma S. A.).

[3] Rumensin = Aproximadamente 220 a 240 mg $animal^{-1}$ $día^{-1}$ dependiente del consumo diario (incluido en la premezcla vitamínico y mineral).

[4] PB = proteína bruta; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM = energía metabolizable; MS= Materia seca.

Cuadro 12. Efecto de la forma de conservación del grano de maíz sobre la evolución del peso vivo (PV, kg) el aumento diario de peso (ADPV, kg), el consumo y la eficiencia de conversión de novillitos y vaquillonas en engorde a corral con una dieta 80% concentrada[1]

	T1	T2	T3	EE[2]
PV				
día 0[3]	220,3	218,6	222,2	5,86
día 50	298,0	285,6	298,3	5,91
día 75	313,1	305,3	321,1	6,72
día 108	353,3[a]	348,7[a]	370,5[b]	6,77
ADPV				
día 0 a 50	1,55[a]	1,34[b]	1,52[a]	0,041
día 51 a 75	1,25[a]	1,17[b]	1,34[a]	0,034
día 76 a 108	1,23[a]	1,21[a]	1,37[b]	0,024
Consumo diario				
MS, kg animal^{-1}	9,47	9,17	9,68	0,348
MS, % PV	3,30	3,23	3,26	0,062
EM*, Mcal animal^{-1}	27,0	26,3	27,7	0,99
Conversión				
MS ADPV^{-1}, kg:kg	7,7[a]	7,6[a]	7,1[b]	0,26
EM ADPV^{-1}, Mcal:kg	21,95	21,91	20,14	0,753

[1] Pordomingo et al. (2002b)

T1 = Dieta basada en grano de maíz, seco y molido; T2 = Dieta basada en silaje de grano húmedo de maíz, aplastado; T3 = Dieta basada en grano húmedo de maíz conservado con urea, entero. N (corrales) = 8 (4 de machos y 4 de hembras); 3 animales corral^{-1}

[2] EE = error estándar de la media

[3] día = días desde inicio del ensayo

* MS= Materia seca; EM = Energía metabolizable.

[a, b] Promedios de tratamientos en filas con superíndices diferentes difieren (P< 0,05)

Cuadro 13. Efecto de la forma de conservación del grano de maíz sobre la evolución del peso vivo (PV) y el aumento diario de peso vivo (ADPV) de novillos y vaquillonas en engorde a corral con 78% grano[1,2]

	T1	T2	T3	EE[3]
PV, kg				
	Novillos			
día 0[4]	232,9	232,9	232,9	9,03
día 58	310,1	300,0	307,6	9,21
día 108	368,9	368,7	382,9	9,47
	Vaquillonas			
día 0	207,8	204,3	211,5	8,35
día 58	285,8	271,2	289,0	8,23
día 108	337,6[ab]	328,8[a]	358,0[a]	9,51
ADPV, kg animal^{-1}				
	Novillos			
Período[5] 1	1,33[a]	1,16[b]	1,29[a]	0,122
Período 2	1,18[a]	1,38[b]	1,51[c]	0,047
	Vaquillonas			
Período 1	1,34[a]	1,16[b]	1,34[a]	0,049
Período 2	1,04[a]	1,15[a]	1,38[b]	0,057
	Global (108 días)			
Novillos	1,26[a]	1,26[a]	1,39[b]	0,019
Vaquillonas	1,20[a]	1,15[a]	1,36[b]	0,045

[1] Pordomingo et al. (2002b)

T1 = Dieta basada en grano de maíz seco y molido; T2 = Dieta basada en silaje de grano húmedo de maíz, aplastado; T3 = Dieta basada en grano húmedo de maíz conservado con urea, entero. N (corrales) = 4 de machos y 4 de hembras; 3 animales corral^{-1}

[3] EE = error estándar de la media

[4] día = días desde inicio del ensayo

[5] Período 1 = Día 0 a 58; Período 2 = Día 59 a 108.

[a, b, c] Promedios de tratamientos en filas con superíndices diferentes difieren (P< 0,05)

Cuadro 14. Efecto de la forma de conservación del grano de maíz sobre el consumo de materia seca (CMS) en los 0 a 45, 45 a 75 y 75 a 108 días de engorde de novillos y vaquillonas en alimentación a corral con una dieta 80% concentrada[1]

	T1	T2	T3	EE[2]
		kg/día		
0 a 50 días	7,99[a]	6,87[b]	6,59[b]	0,310
51 a 75 días	9,60	9,40	9,84	0,328
76 a 108 días	10,37	10,58	11,64	0,464
		% Peso vivo		
0 a 50 días	3,09	2,73	2,53	0,101
51 a 75 días	3,60	3,58	3,62	0,061
76 a 108 días	3,11[a]	3,23[ab]	3,36[b]	0,078

[1] Pordomingo et al. (2002b)

T1 = Dieta basada en grano de maíz, seco y molido; T2 = Dieta basada en silaje de grano húmedo de maíz, aplastado; T3 = Dieta basada en grano húmedo de maíz conservado con urea, entero. N (corrales) = 8 (4 de machos y 4 de hembras); 3 animales corral^{-1}

[2] EE = error estándar de la media

[3] días = días desde inicio del ensayo

[a, b] Promedios de tratamientos en filas con superíndices diferentes difieren ($P<0.05$)

Cuadro 15. Efecto de la forma de conservación del grano de maíz sobre el consumo de MS (CMS) y de EM (CEM) y la eficiencia de conversión de la materia seca (ECMS) y de la energía metabolizable (ECEM) de novillos y vaquillonas en engorde a corral con una dieta de 78% grano de maíz en dos períodos de muestreo[1,2]

	T1	T2	T3	EE[3]
Período 1[4]				
		Novillos		
CMS[5], kg animal^{-1} día^{-1}	8,41^{a}	7,16^{b}	6,58^{b}	0,399
CMS, % PV	3,10^{a}	2,69^{b}	2,44^{b}	0,122
CEM, Mcal animal^{-1} día^{-1}	23,97^{a}	20,53^{b}	18,82^{b}	1,140
ECMS, kg:kg ADPV	6,38^{a}	6,18^{b}	5,14^{c}	0,362
ECEM, Mcal:kg ADPV	18,20^{a}	17,74^{a}	14,68^{b}	1,030
		Vaquillonas		
CMS, kg animal^{-1} día^{-1}	7,58^{a}	6,59^{b}	6,59^{b}	0,477
CMS, % PV	3,08^{a}	2,77^{ab}	2,63^{b}	0,176
CEM, Mcal animal^{-1} día^{-1}	21,60^{a}	18,92^{ab}	18,86^{b}	1,360
ECMS, kg:kg ADPV	5,65	5,81	4,93	0,487
EC EM, Mcal:kg ADPV	16,11^{ab}	16,68^{a}	14,11^{b}	1,390
Período 2		Novillos		
CMS, kg animal^{-1} día^{-1}	10,60^{a}	10,80^{ab}	11,29^{b}	0,454
CMS, % PV	3,12^{a}	3,23^{ab}	3,27^{b}	0,078
CEM, Mcal animal^{-1} día^{-1}	30,21^{a}	31,00^{ab}	32,29^{b}	1,200
ECMS, kg:kg ADPV	9,05^{a}	7,89^{b}	7,51^{c}	0,461
ECEM, Mcal:kg ADPV	25,80^{a}	22,64^{b}	21,50^{b}	1,320
		Vaquillonas		
CMS, kg animal^{-1}	9,38	9,16	10,19	0,418
CMS, % PV	3,01	3,05	3,15	0,086
CEM, Mcal animal^{-1}	26,72^{a}	26,28^{a}	29,14^{b}	1,200
ECMS, kg:kg ADPV	9,20^{a}	7,96^{b}	7,39^{b}	0,506
ECEM, Mcal:kg ADPV	26,22^{a}	22,85^{b}	21,14^{b}	1,450

[1] Pordomingo et al. (2002b). T1 = Dieta basada en grano de maíz seco, molido; T2 = Dieta basada en silaje de grano húmedo de maíz, aplastado; T3 = Dieta basada en grano húmedo de maíz conservado con urea, entero. N (corrales) = 4 de machos y 4 de hembras; 3 animales corral^{-1}; [3] EE = error estándar de la media; [4] Período 1 = Día 0 a 58; Período 2 = Día 59 a 108; [5] MS = Materia seca, EM = Energía metabolizable; ADPV = Aumento diario de peso vivo; %PV = Proporción del peso vivo; [a, b, c] Promedios de tratamientos en filas con superíndices diferentes difieren (P<0.05)

Cuadro 16. Composición química de los granos de maíz y del heno utilizados en las dietas de bovinos en engorde a corral*

Parámetros[2]	GMS[1]	SMH	MHU	HA
MS, %	88,0	70,0	72,9	86,0
pH	-	5,09	7,87	-
PB, %	8,8	9,0	16,9	16,2
FDN, %	13,3	7,7	12,9	62,9
FDA, %	3,7	2,6	4,0	40,1
DIVMS, %	86,0	86,8	85,8	57,7
EM, Mcal kg MS^{-1}	3,10	3,13	3,09	2,08

[1] Pordomingo et al. (2002b)

GMS = maíz seco molido; SMH = silaje de grano húmedo de maíz, embolsado aplastado; MHU = grano húmedo de maíz conservado con urea, entero; HA = heno de alfalfa.

[2] MS = materia seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM = energía metabolizable.

Cuadro 17. Efecto de la conservación del grano de maíz con urea en silo aéreo sobre el contenido de materia seca (MS, %) y el pH en el tiempo[1]

Mes[2]	1	2	3	4	5	6	7	8
MS	68,9	69,0	68,9	70,1	72,1	72,6	73,2	73,9
pH	8,5	8,4	8,4	8,4	8,3	8,2	7,5	7,4

[1] Pordomingo et al. (2002b)

Grano de maíz, cosechado en Marzo con 30.1% de humedad, conservado entero con el agregado de 3% de su peso (base seca) en urea, en silo aéreo de malla "Cima", con cobertura plástica de laterales y cono, bajo tinglado.

[2] Mes desde el momento de cosecha.

Cuadro 18. Composición de las dietas[1]

	T1	T2	T3
Dieta			
Grano de maíz entero	72,0	73,75	60,0
Grano de avena entera	-	-	15,0
Heno de alfalfa	10,2	-	-
Harina de girasol	14,0	23,0	22,0
Urea	0,8	0,25	-
Núcleo vitamínico y mineral[2]	2,98	2,98	2,98
Monensina	0,02	0,02	0,02
Nutrientes[3]			
PB, %	14,3	14,2	14,0
FDN, %	18,2	17,2	20,0
FDA, %	13,6	11,7	12,8
DIVMS, %	74,9	76,5	76,3
FDN efectiva, % de requerim.[4]	106	75	85
EM, Mcal kg MS^{-1}	2,70	2,76	2,75

[1] Pordomingo et al. (2002a)
Ensayo de 89 días. N (corrales) = 8 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales/corral.
T1 = Dieta basada en grano de maíz entero, Harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz y Harina de girasol; T3 = Grano de maíz, grano de avena y Harina de girasol. N (corrales) = 8 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales/corral.
[2] Núcleo vitamínico y mineral "Macro-corrector Feedlots plus" (Biofarma S. A.).
[3] PB = proteína bruta; FDN = fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca, EM = energía metabolizable.
[4] FDN efectiva = fibra efectiva. Proporción (%) calculada en función de la requerida por un novillo británico de 300 kg PV con un ADPV esperado de 1,3 kg y un consumo de MS de 2,6 % PV según el modelo CNCPS (NRC, 2000).

Cuadro 19. Efecto de dietas de alto contenido de grano y baja fibra sobre la performance de vaquillonas en engorde a corral. Composición química de los granos, heno y suplementos utilizados en las dietas[1]

Parámetros[2]	Grano de maíz	Grano de avena	Heno de alfalfa	Harina de girasol
MS, %	87,0	86,0	84,3	85,2
PB, %	8,7	12,8	14,0	30,8
FDN, %	8,2	28,0	55,4	48,0
FDA, %	4,1	14,9	46,2	33,2
Lignina, %	1,72	2,61	11,16	10,32
DIVMS, %	84,2	78,0	53,1	63,2
EM, Mcal/kg MS	3,04	2,81	1,95	2,28

[1] Pordomingo et al. (2002a)
T1 = Dieta basada en grano de maíz entero, Harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz y Harina de girasol; T3 = Grano de maíz, grano de avena y Harina de girasol. N (corrales) = 8 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales/corral.
[2] MS = materia seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM = energía metabolizable.

Cuadro 20. Efecto de dietas de alto contenido de grano y baja fibra sobre la evolución del peso vivo (PV, kg) y el aumento diario de peso (ADPV, g) de novillitos y novillos en engorde a corral[1]

	T1	T2	T3	EE[2]	P =
Novillitos					
PV día 0[3]	155,1	155,2	155,1	1,41	0,87
día 89	262,2a	272,0b	272,2b	2,43	0,03
ADPV	1,218	1,325	1,330	0,027	0,08
Novillos					
PV día 0	271,8	272,0	269,6	2,70	0,62
día 89	392,0	394,8	395,4	1,89	0,45
ADPV	1,358	1,384	1,420	0,037	0,72
ADPV	1,288	1,354	1,375	0,023	0,06

[1] Pordomingo et al. (2002a).
T1 = Dieta basada en grano de maíz entero, harina de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de maíz y Harina de girasol; T3 = Grano de maíz, grano de avena y harina de girasol. N (corrales) = 8 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales/corral;
[2] EE = error estándar de la media;
[3] día = días desde inicio del ensayo;
[a, b] Filas con promedios de tratamientos con letras diferentes difieren (P< 0,05)

Cuadro 21. Efecto de dietas de alto contenido de grano y baja fibra sobre el consumo individual de materia seca absoluto (CMS, kg día^{-1}) y en función del peso vivo (CMSPV, %), y la eficiencia de conversión (ECMS, kg MS: kg ADPV) de novillitos y novillos en engorde a corral[1,2]

	T1	T2	T3	EE[3]	P =
CMS	8.63	8.56	8.55	0.107	0.85
Novillitos	6.95	7.07	7.01	0.136	0.82
Novillos	10.31	10.06	10.08	0.167	0.51
CMSPV	2.87	2.84	2.83	0.020	0.44
Novillitos	2.92	2.92	2.90	0.027	0.73
Novillos	2.81	2.76	2.77	0.027	0.35
ECMS	5.63	5.44	5.33	0.029	0.13
Novillitos	4.85	4.62	4.56	0.206	0.12
Novillos	6.67	6.62	6.45	0.212	0.72

[1] Pordomingo et al. (2002a)
T1 = Dieta basada en grano de maíz entero, expeller de girasol, urea y heno de alfalfa; T2 = Grano de mnaíz, expweller de girasol; T3 = Grano de maíz, grano de avena, expeller de girasol. N (corrales) = 8 (4 de novillitos y 4 de novillos); 4 animales corral^{-1}
EE = error estándar de la media.

Cuadro 22. Efecto de la alimentación con maíz entero o molido sobre el peso (PV) y el aumento diario de peso (ADPV) de terneros de destete precoz con pesos diferentes al destete, alimentados a corral sobre una dieta de alta energía[1]

	Maíz entero			Maíz molido			
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	EE
PV, kg							
0	71a	79b	91c	69a	79b	91c	1,44
63	118a	127b	142c	116a	128b	146c	2,23
123	199a	209b	225c	196a	209b	236d	0,73
ADPV, kg							
0-63	0,740a	0,760a	0,820b	0,740a	0,770a	0,870b	0,0139
63-123	1,350a	1,370a	1,380a	1,330a	1,360a	1,500b	0,0284
0-123	1,037a	1,050a	1,100b	1,030a	1,060a	1,180c	0,0156

[1] Pordomingo y Volpi Lagreca. (2004).

Las dietas fueron equivalentes en energía metabolizable y proteína bruta compuestar por: 60% grano de maíz entero, 29% de harina de girasol, 8% heno de alfalfa y 3% de núcleo vitamínico y mineral

P1 = 60-70 kg, P2 = 70 a 80 kg y P3 = 80 -90 kg de peso vivo al destete (60 a 70 días de vida)

0, 63 y 123 = días 0 (inicio), 63 (intermedio) y 123 (final) del ensayo.

0-63 = primeros 63 días (período 1), 63-123 = 60 días siguientes (período 2), 0-123 = 123 días de ensayo.

EE: Error estándar de las medias en filas.

a,b,c,d Filas con medias de tratamientos con diferente superíndice difieren ($P < 0,05$)

Cuadro 23. Efecto de la alimentación con maíz entero o molido sobre el consumo de materia seca (CMS), el consumo en proporción del peso vivo (CMSPV, %), la eficiencia de conversión (EC = CMS/ADPV) y la eficiencia de stock (EStock, kg producidos/ peso medio) de terneros de destete precoz con pesos diferentes al destete, alimentados a corral sobre dietas de alta energía

	Maíz entero			Maíz molido			
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	EE
CMS							
0-63	3,37a	3,63b	4,30c	3,36a	3,77b	4,10c	0,096
63-123	5,78a	6,20b	7,03c	6,02a	6,57b	7,11c	0,213
0-123	4,54a	4,88b	5,63c	4,64a	5,14b	5,57c	0,145
CMSPV							
0-63	3,6	3,5	3,7	3,7	3,6	3,5	0,11
63-123	3,7	3,7	3,8	3,8	3,7	3,7	0,13
0-123	3,6	3,6	3,7	3,7	3,6	3,6	0,10
EC							
0-63	4,60a	4,81a	5,25b	4,52a	4,80a	4,70a	0,166
63-123	4,50a	4,54a	5,10b	4,52a	4,84a	4,74a	0,236
0-123	4,58a	4,63a	5,14b	4,52a	4,86a	4,72a	0,126
EStock							
0-123	0,95a	0.90b	0,85c	0,96a	0,90b	0,89bc	0,008

Pordomingo y Volpi Lagreca (2004).
P1 = 60-70 kg, P2 = 70 a 80 kg y P3 = 80 -90 kg de peso vivo al destete (entre 60 y 70 días de vida); 0, 63 y 123 = días 0 (inicio), 63 (intermedio) y 123 (final) del ensayo; 0-63 = primeros 63 días (período 1), 63-123 = 60 días siguientes (período 2), 0-123 = 123 días de ensayo. EE: Error estándar de las medias en filas. $^{a, b, c, d}$ Filas con medias de tratamientos con diferente superíndice difieren ($P < 0,05$).

Cuadro 24. Efecto del uso de maíz entero con alto contenido de aceite en dietas de alto grano sobre el aumento diario de peso vivo (ADPV), el consumo de materia seca (CMS) la eficiencia de conversión de la materia seca (EC) y el engrasamiento final de teneras y novillos de feedlot[1]

	Terneras			Novillos		
	D1	D2	p=	D1	D2	p=
Peso inicial, kg	163	160	0,45	351	365	0,04
Peso final, kg	243	237	0,21	441	450	0,35
ADPV, kg	1,18	1,17	0,88	1,24	1,30	0,44
CMS, kg	4,88	4,90	0,92	7,41	8,41	0,01
EC, CMS/ADPV	4,15	4,31	0,47	5,90	6,52	0,43
Grasa dorsal inicial, mm	2,72	2,69	0,80	3,56	4,00	0,06
Grasa dorsal final, mm	6,10	5,28	0,09	7,60	7,81	0,65
Tasa engras., mm/30d	1,37	1,19	0,26	1,64	1,44	0,25

[1] Depetris et al.(2003)

D1: Grano maíz alto aceite entero, harina girasol

D2: Grano maíz convencional entero, harina girasol

Cuadro 25. Efecto del nivel de aflechillo de trigo en dietas de feedlot basadas en cebada aplastada, con similar oferta de energía teabolizable (EM), proteína bruta (PB) y fibra (FDN), sobre el aumento diario de peso vivo (ADPV), el consumo de materia seca (CMS), de FDN (CFDN) y EM(CEM), la eficiencia de conversión de la materia seca (EC) y de la enegía metabolizable, y parámetros de desarrollo de bife y tasa de engrasamiento dorsal

	T1	T2	T3
EM, Mcal/kgMS	2,92	2,91	2,86
Proteína bruta, %	11,6	11,9	12,6
FDN, %	24,6	24,0	22,0
ADPV, kg	1,49	1,50	1,54
CMS, kg	9,2	9,1	9,1
CFDN, kg	2,3a	2,2b	2,0c
CEM,Mcal	26,9	26,5	26,1
EC, CMS/ADPV	6,2	6,1	5,9
ECEM, Mcal/ADPV	18	18	17
Profundidad del bife, cm	5,03	4,86	4,97
Aumento grasa dorsal, mm/día	2,2	2,2	2,5

[1] Elizalde et al.(2003)

T1: 75% cebada aplastada, 12.5% afrechillo trigo, 12.5% heno pastura

T2: 65% cebada aplastada, 35% afrechillo trigo

T3: 55% cebada aplastada, 45% afrechillo trigo

a,b Letras diferentes en filas indican diferencias significativas $p<0.05$

Cuadro 26. Efecto de biotipo y del nivel de silaje de planta entera de maíz en dietas de corral sobre el aumento diario de peso vivo (ADPV), el consumo diario de materia seca (CMS), la eficiencia de conversión (EC) y parámetros de engrasamiento y crecimiento muscular

	Biotipo grande		Biotipo chico		EE	Contrates, P		
	D1	D2	D1	D2		Biotipo	Dieta	BxD
Peso inicial, kg	196	191	159	160	7,23	<0,01	0,8	0,67
Peso final, kg	402	403	281	333	10,6	<0,01	0,4	0,24
Engorde, días	193	204	135	190	13,3	0,03	0,04	0,14
CMS, kg	9,8b	10,3b	8,7b	6,3a	0,52	<0,01	0,11	0,02
CMS, % PV	3,3	3,5	3,6	2,9	0,22	0,36	0,23	0,09
ADPV, kg	1,09a	1,04a	0,88b	0,90b	0,03	<0,01	0,4	0,24
EC, CMS/ADPV	9,4	9,4	9,6	7,1	0,57	0,1	0,06	0,06
Grasa dorsal ini, mm	2,18	2,34	2,27	2,27	0,11	0,89	0,4	0,47
Grasa dorsal final, mm	6,49a	6,36a	6,19a	7,59b	0,25	0,1	0,01	0,02
Engrasamiento, mm/30d	0,60	0,53	0,90	0,70	0,11	0,06	0,2	0,56
Ojo de bife inicial, cm^2	20,5a	21,5a	17,8b	17,4b	1,29	0,03	0,8	0,6
Ojo de bife final, cm^2	62,7a	62,5a	49,8b	53,0b	2,61	<0,01	0,6	0,54
Incremento área ojo bife, cm^2/30d	8,19a	7,01b	8,04a	6,46b	0,38	0,36	<0,05	0,59

[1] Santini et al.(2003)
D1: 33% silaje maíz, 22% Harina girasol, 45% grano maíz húmedo
D2: 78% silaje maíz, 22% Harina girasol
EE: Error Estandar
BxD = Interacción biotipo x dieta

Cuadro 27. Efecto de la proporción de silaje sobre el aumento de peso (ADPV), el consumo diario de materia seca (CMS) y la conversión (C) en novillos pesados en engorde a corral [1]

	Alto Silo	Medio Silo	Bajo Silo
PV inicial, kg	452	453	455
PV final, kg	550	558	565
ADPV, kg/día	1,129a	1,252ab	1,315b
CMS, kg/día	14,9	14,9	13,7
C, CMS/ADPV	13,6a	12,0ab	11,6 b

[1] Castro et al.(2002)
[a,b]Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas $p<0.05$

Cuadro 28. Efecto de la variación en calidad del silaje con dietas basadas en silaje de maíz y harina de girasol

	1996	1997	1998	Media
Composición del silaje				
MS, %	32	31,9	32.5	32.1
DMS	65,5	64,4	62.1	64.0
Almidón	15,8	20,2	8.9	15.0
FDN, %	47,0	41,9	53.2	47.4
Performance animal				
Peso vivo inicial, kg	163	226	152	180
Peso vivo final, kg	325	392	334	350
APV, kg/día	0,98	0,91	0,77	0.89
Tasa engrasam., mm/30 días	0,54	0,72	0,43	0,56
Consumo MS, kg/día	6,8	8,7	7,9	7,8
Consumo MS, %PV	2,79	2,82	3,25	2.94
Conversión	6,9	9,6	10,3	8,8

Santini,. y Paván. (2002)
APV =Aumento de peso vivo
FDN= Fibra detergente neutro; MS= Materia seca; DMS = Digestibilidad de la MS

Cuadro 29. Composición nutritiva de los ingredientes utilizados en alimentación a corral de terneras

	Heno alfalfa	Gr. maíz húmedo	Gr. sorgo húmedo
Materia seca, %	86,0	74,5	72,9
Proteina bruta, %	18,4	8,9	10,4
FDN, %	43,1	21,1	13,4
FDA, %	33,2	3,44	5,75
DMS, %	63,0	86,2	84,4
EM (Mcal/kgMS)	2,27	3,11	3,04

Juan et al., (1998b)
FDN = Fibra detergente neutro
FDA= Fibra detergente ácido
DMS= Digestibilidad de la materia seca
EM= Energía metabolizable

.

Cuadro 30. Efecto de dietas en base a silaje o a heno de vaquillonas a corral sobre el consumo (CMS), el aumento de peso (APV) y la conversión (Conv)

	T1	T2	T3	T4
Composición de las dietas, % base seca				
Heno alfalfa	60	60	60	60
Grano húmedo maíz	40	26	14	0
Grano húmedo sorgo	0	14	26	40
Composición nutritiva				
Materia seca, %	81,4	81,2	81,0	80,8
Proteina bruta, %	14,6	14,8	15,0	15,2
FDN, %	34,3	33,2	32,3	31,2
FDA, %	21,3	21,6	21,9	22,2
DIVMS, %	72,3	72,0	71,8	71,6
EM, Mcal/kgMS	2,61	2,60	2,59	2,58
Producción y eficiencia				
Peso vivo inicial, kg	155,9	155,1	152,2	152,6
Peso vivo final, kg	254,8	248,4	242,5	252,0
APV, kg/día	1,192 a	1,123 a	1,087 a	1,198 a
CMS, kg/día	6,77 a	6,97 a	6,96 a	7,00 a
CMS, %PV	3,29 b	3,45 ab	3,51 a	3,45 a
Conv. CMS/APV	5,79 a	6,29 a	6,44 a	5,86 a
Conv. CEM/APV	15,1 a	16,3 a	16,6 a	15,1 a

Juan et al. (1998b)
FDN = Fibra detergente neutro
FDA= Fibra detergente ácido
DMS= Digestibilidad de la materia seca
EM= Energía metabolizable
a,b,c Filas con distinto superíndice difieren (P< 0,05)
Período = 84 días

Cuadro 31. Efecto de dietas en base a silaje o a heno de vaquillonas a corral sobre el consumo (CMS), el aumento de peso (APV) y la conversión del alimento

	T1	T2	T3
Composición de las dietas, % base seca			
Silaje de maíz planta	70	30	10
Heno alfalfa	15	45	60
Grano maíz	8	0	0
Harina de soja	7	25	30
Composición nutritiva			
MS, %	48,9	71,5	82,9
Proteina bruta, %	12,2	12,0	13,4
FDN, %	51,5	43,2	39,2
FDA, %	28,9	27,7	27,3
DMS, %	66,4	67,3	67,6
EM, Mcal/kgMS	2,40	2,43	2,44
Peso vivo inicial, kg	208	207	209
Peso vivo final, kg	302	299	294
APV, kg/día	1,12 b	1,09 b	1,01 a
CMS, kg/día	7,55 a	8,05 a	7,98 a
CMS, %PV	3,00 a	3,22 a	3,21 a
Conversión	6,77 c	7,39 ab	7,88 a

Juan et al. (1997)
MS = Materia seca
FDN = Fibra detergente neutro
FDA= Fibra detergente ácido
DMS= Digestibilidad de la materia seca
EM= Energía metabolizable
a,b,c Filas con distinto superíndice difieren (P< 0,05)
Período = 84 días

Cuadro 32. Efecto de la proporción de grano en dietas de corral basadas en silaje de ryegrass sobre el aumento de peso (APV), el consumo y el engrasamiento de novillos

	Proporción en las dietas, %			
Cebada aplastada	0	12	24	36
Silaje de ryegrass perenne	100	88	76	64
Consumo MS silaje, kg/día	7,0	6,6	5,7	5,2
Consumo MS total, kg/día	7,0	7,5	7,7	8,4
Consumo EM, MJ/día	88	93	96	105
Peso vivo inicial, kg	389	389	389	389
Peso vivo final, kg	556	559	563	561
Período, días	298	247	207	165
Peso res, kg	298	298	301	298
APV, kg/día	0,56	0,69	0,84	1.04
Engrasamiento, g/día	132	165	210	244
Espesor grasa dorsal, mm	8,0	8,0	8,9	8,7

Silaje: PB = 14,8%; FDA = 34,6, DMO = 73,4%
Cebada: PB = 10,6%; FDA = 7,2%
Steen y Kilpatrick (2000).

Cuadro 33. Efecto de la proporción de harina de girasol en dietas de corral basadas en silaje de maíz sobre el consumo, el aumento de peso (APV) y la conversión del alimento

	Proporción, %		
Harina de girasol	20	31	43
Silaje de maíz	80	69	57
Proteína bruta, %	12	15	18
Consumo MS total, kg/día	6,88	7,61	8,6
Consumo, % del peso	2,92	3,12	3,49
Peso vivo inicial, kg	139	140	139
Peso vivo final, kg	278	294	299
ADPV, kg/día	1,02	1,13	1,18
Conversión, kg/kg	6,7	6,7	7,3

Período: 136 días
Santini. y Paván (2002)

Cuadro 34. Efecto del nivel de proteína bruta degradable en dietas de feedlot sobre el balance proteico, el consumo diario (CMS), el aumento diario de peso vivo (ADPV), la concentración energética del alimento y los parámetros de engrasamiento y marmolado[1]

Tratamientos	1	2	3	4	EE[2]
Urea, %	0	0.4	0.8	1.2	-
PB[3], %	10.6	11.8	12.9	14.1	-
CPD, %	7.0	8.2	9.3	10.5	-
Balance de PD, g/día	-19	122	262	403	-
Balance de PM, g/día	78	90	90	90	-
CMS, kg	12,3	12,1	12,1	12,1	0,1
ADPV, kg	1,7a	1,72a	1,82b	1,85b	0,03
ENm, Mcal/kg	1,77	1,79	1,87	1,89	0,03
ENg, Mcal/kg	1,14	1,16	1,23	1,25	0,03
Espesor grasa dorsal, cm	0,89	0,99	0,99	1,07	0,05
Grado marmolado ojo bife	523	507	502	493	8

[1] Cooper et al. (2002)
Composición de la dieta: 82% grano de maíz húmedo, 5% heno de alfalfa, 5% cáscara semilla algodón, 3% melasa, 5% núcleo mineral
2 EE: Error Estandar
3 PB: Proteína bruta, CPD: Consumo proteína degradable, PD = Proteína degradable; PM: Proteína metabolizable, PM: Proteína metabolizable, CMS: consumo materia seca, EN: energía neta, ENm = Concentración de energía neta para mantenimiento; ENg = Concentración de energía neta para aumento de peso

Cuadro 35. Efecto del nivel de grano sobre el aumento diario de peso (ADPV), el consumo diario de materia seca (CMS) y la conversión (EC) de novillos, vaquillonas y terneros alimentados a corral [1,2]

	CMS kg	ADPV kg	EC CMS/ADPV
Nivel de grano			
más del 60%	5,73b	1,28a	5,99b
menos del 60%	7,55a	1,04b	7,31a
Categoría[2]			
Novillo	-	1,30a	6,81ab
Vaquillona	-	1,07b	7,15a
Ternero/a	-	1,11ab	6,02b
Promedio	7,65	-	-

[1] Parra et al.(2002)
[2] Peso medio de ingreso a corral de novillos, vaquillonas y terneros 338, 245 y 166 kg, respectivamente
[a,b] Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas $p < 0,05$

Cuadro 36. Composición de dietas con alto y bajo contenido de fibra larga en engorde a corral

	Alta Fibra	Baja Fibra
Henolaje alfalfa	69,0	10,0
Grano de maíz entero	30,0	73,0
Harina de soja	-	15,0
Urea	-	1,0
Sales minerales	1,0	1,0
Materia seca	70,5	87,5
Materia orgánica	92,6	95,6
DIVMS	75,0	69,9
DIVMO	69,0	74,7
Proteína bruta	18,2	16,7
FDN	28,1	13,6
FDA	20,4	7,1
Almidón	21,3	52,5

[1] Maresca et al. (2003)
DIVMS = Digestibilidad in vitro de la materia seca
DIVMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica
FDN = Fibra detergente neutro
FDA = Fibra detergente ácido

Cuadro 37. Efecto del nivel de fibra larga en dietas de engorde a corral sobre la digestibilidad de la materia seca (DMS), del almidón (DAlm) y de la fibra (DFDN) de dietas basadas en maíz entero

Edad	Alta fibra*			Baja Fibra		
meses	DMS	Dalm	DFDN	DMS	Dalm	DFDN
13**	76,6	87,8	67,4	79,2	90,9	61,1
15.5	74,8	87,6	64,2	78,1	88,1	57,3
18	69,6	82,0	59,2	75,5	86,0	53,8
20.5	66,5	71,0	60,3	71,7	79,0	50,6

[1] Maresca et al. (2003)
* Efecto significativo de nivel de fibra sobre las 3 variables
** Efecto significativo del factor edad sobre la DMS y Dalm

Cuadro 38. Efecto de la proporción de harina de girasol en dietas de corral basadas en silaje de maíz sobre el aumento de peso (APV), el consumo y la conversión de bovinos

	Proporción, %		
Harina de girasol	20	31	43
Silaje de maíz	80	69	57
Proteína bruta, %	12	15	18
Consumo MS total, kg/día	6.88	7.61	8,6
Consumo, %PV	2.92	3,12	3,49
Peso vivo inicial, kg	139	140	139
Peso vivo final, kg	278	294	299
ADPV, kg/día	1.02	1,13	1,18
Conversión, kg/kg	6.7	6,7	7,3

Período: 136 días
Santini y Paván. (2002)

Cuadro 39. Efecto del nivel de proteína bruta degradable en dietas de feedlot sobre el balance proteico, el consumo diario (CMS), el aumento diario de peso vivo (ADPV), la concentración energética del alimento y los parámetros de engrasamiento y marmolado [1]

Tratamientos	1	2	3	4	EE[2]
Urea, %	0	0,4	0,8	1,2	-
PB[3], %	10,6	11,8	12,9	14,1	-
CPD, %	7,0	8,2	9,3	10,5	-
Balance de PD, g/día	-19	122	262	403	-
Balance de PM, g/día	78	90	90	90	-
CMS, kg	12,3	12,1	12,1	12,1	0,1
ADPV, kg	1,7a	1,72a	1,82b	1,85b	0,03
ENm, Mcal/kg	1,77	1,79	1,87	1,89	0,03
ENg, Mcal/kg	1,14	1,16	1,23	1,25	0,03
Espesor grasa dorsal, cm	0,89	0,99	0,99	1,07	0,05
Grado marmolado ojo bife	523	507	502	493	8

[1] Cooper et al. (2002a)
Composición de la dieta: 82% grano de maíz húmedo, 5% heno de alfalfa, 5% cáscara semilla algodón, 3% melasa, 5% núcleo mineral
2 EE: Error Estandar
3 PB: Proteína bruta, CPD: Consumo proteína degradable, PD = Proteína degradable; PM: Proteína metabolizable, PM: Proteína metabolizable, CMS: consumo materia seca, EN: energía neta, ENm = Concentración de energía neta para mantenimiento; ENg = Concentración de energía neta para aumento de peso

Cuadro 40. Efecto de la adición de tanninos en dietas de feedlot de alta degradabilidad proteica[1]. Composición de las dietas

Ingredientes	T1	T2	T3	T4
Grano maíz	73,0	72,0	72,0	76,5
Harina girasol	15,0	15,0	15,0	7,0
Harina pescado	-	-	-	2,5
Harina plumas	-	-	-	3,0
Heno de alfalfa	8,0	7,0	6,0	8,0
Urea	0,8	0,8	0,8	-
Taninos	-	2,5	3,5	-
Vitaminas y minerales	3,0	3,0	3,0	3,0

[1] Pordomingo et al. (2003).
T1 = Dieta sin adición de taninos (NRC 2000).
T2 = Dieta con 2,5% de taninos (UNITAN S.A.).
T3 = Dieta 3,5% de taninos.
T4 = Dieta basada en grano, heno y harinas proteicas degradables y by-pass.

Cuadro 41. Efecto de la adición de tanninos en dietas de feedlot de alta degradabilidad proteica sobre la evolución del peso vivo (kg) y el aumento diario de peso vivo (kg) de novillos Angus[1]

	T1	T2	T3	T4	EE
Día		Peso vivo			
0	201,1	200,6	199,0	201,8	2,42
24	241,5	247,7	242,3	239,5	3,45
46	275,5	280,4	276,8	277,3	3,80
69	307,5	313,5	308,3	311,0	4,12
92	340,9	354,4	343,4	346,1	4,42
Períodos		Aumento de peso vivo			
0 a 24	1,556ab	1,809b	1,669b	1,443a	0,068
25 a 46	1,615a	1,559b	1,646b	1,809b	0,052
47 a 69	1,526	1,574	1,500	1,602	0,061
69 a 92	1,394a	1,706b	1,460a	1,463a	0,061
0 a 92	1,527a	1,666b	1,568a	1,579a	0,032

[1] Pordomingo et al. (2003).
EE = Error estándar de medias en filas
[a, b] Medias en filas seguidas de letras diferentes difieren (P< 0,01)

Cuadro 42. Consumo de materia seca absoluto (kg/día.animal) y en proporción al peso vivo (%) en novillos alimentados a corral sobre dietas con y sin taninos[1]

Períodos	T1	T2	T3	T4	EE
Consumo, kg/dia					
0 a 24	6,87a	6,92a	6,86a	5,96b	0,164
25 a 46	8,38	8,51	8,39	8,30	0.168
47 a 69	9,60	9,83	9,53	9,24	0,162
69 a 92	10,23a	10,33a	10,03a	9,56b	0,208
0 a 92	8,76a	8,89a	8,70a	8,27b	0,285
Consumo en % peso vivo					
0 a 24	3,10a	3,09a	3,11a	2,70b	0,038
25 a 46	3,24	3,22	3,23	3,21	0,022
47 a 69	3,29a	3,31a	3,26a	3,14b	0,041
69 a 92	3,15a	3,09a	3,08a	2,91b	0,065
0 a 92	3,20a	3,18a	3,17a	2,99b	0,033
Eficiencia de conversion, kgMS/kgADPV					
0 a 24	4,41a	3,82b	4,15a	4,14a	0,113
25 a 46	5,22a	5,48a	5,10a	4,61b	0,170
47 a 69	6,38	6,26	6,39	5,84	0,256
69 a 92	7,41b	6,06a	6,94b	6,56ab	0,285
0 a 92	5,85a	5,41ab	5,64ab	5,29b	0,239

[1] Pordomingo et al. (2003).
EE = Error estándar de medias en filas
[a, b] Medias en filas seguidas de letras diferentes difieren (P< 0,01)

Cuadro 43. Efecto del nivel de fibra y del agregado de taninos en dieta de corral de terneras en engorde[1]. Composición de las dietas

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Ingredientes, %						
Maíz	45	45	45	70	70	70
Harina girasol	10	10	10	15	15	15
Heno de alfalfa	41,5	40,7	40	11,2	10,5	9,7
Urea	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8
Taninos	0	0,75	1,5	0	0,75	1,5
Núcleo vit/min.	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98
Monensina	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Composición química						
PB, %	14,5	14,4	14,2	14,4	14,3	14,2
FDA, %	22,5	23,1	22,1	12,4	12,2	11,9
DMS, %	68,2	67,9	67,5	75,9	75,4	75
EM, Mcal/kg MS	2,46	2,45	2,44	2,74	2,72	2,71

[1] Pordomingo et al. (2004).
PB = Proteína bruta
FDA= Fibra detergente ácido
DMS= Digestibilidad de la materia seca
EM= Concentración de energía metabolizable

Cuadro 44. Efecto del nivel de fibra y del agregado de taninos en dieta de corral de terneras en engorde[1]

	45% Maíz			70% Maíz				
% tanino	0	0.75	1.5	0	0.75	1.5	EE	P=
Peso vivo (PV), kg								
Inicial	191	188	187	193	190	192	2,9	0,262
27 días	215 [a]	213 [a]	211 [a]	220 [b]	221 [b]	221 [b]	3,0	0,035
75 días	263 [ab]	260 [ab]	257 [a]	268 [bc]	277 [c]	273 [c]	3,7	0,017
104 días	290 [a]	289 [a]	287 [a]	300 [b]	311 [b]	309 [b]	3,8	0,009
APV, kg/día								
d 0 a 27	0,885 [a]	0,928 [ab]	0,893 [a]	0,986 [b]	1,147 [c]	1,080 [c]	0,030	0,001
d 27 a 75	0,996 [a]	0,978 [a]	0,950 [a]	0,998 [a]	1,163 [b]	1,085 [ab]	0,036	0,025
d 75 a 104	0,939 [a]	1,015 [a]	1,034 [a]	1,107 [b]	1,164 [bc]	1,245 [c]	0,030	0,010
d 0 a 75	0,996 [a]	1,000 [a]	0,968 [a]	1,035 [a]	1,206 [b]	1,129 [b]	0,028	0,002
d 0 a 104	0,951 [a]	0,975 [a]	0,959 [a]	1,025 [a]	1,159 [b]	1,129 [b]	0,024	0,002

[1] Pordomingo et al. (2004).

45% Maíz = Dieta on 45% de grano de maíz entero; 70% Maíz = Dieta con 70% de grano de maíz entero

0% tan = Dieta testigo, sin el agregado de tanino; 0.75% tan = Dieta con 0,75% de tanino de quebracho agregado en polvo (base seca); 1,5% tan = Dieta con 1.5% de tanino de quebracho agregado en polvo

EE = Error estandar de posición de medias; P = Probabilidad estadística de efecto de factores

APV = Aumento de peso vivo

d 0 a 27 = día 0 a día 27 del ensayo; d 27 a 75 = día 27 a día 75; d 75 a 104 = día 75 a día 104; d 0 a 75 = día 0 a día 75; d 0 a 104 = dia 0 a día 104 del ensayo (duración total)

a,b,c,d Medias en fila seguidas por letra diferente difieren estadísticamente ($P< 0.05$)

Cuadro 45. Efecto del agregado de taninos en dieta de corral con distinto nivel de fibra sobre terneras en engorde

	45% Maíz			70% Maíz				
% tanino	0	0.75	1.5	0	0.75	1.5	EE	P=
CMS, kg/día								
d 0 a 27	6,5	6,5	6,2	6,1	6,3	6,1	0,13	0,187
d 27 a 75	7,1	7,4	6,8	6,6	6,8	6,8	0,23	0,274
d 75 a 104	7,8	8,3	8,0	7,3	7,4	8,0	0,27	0,159
d 0 a 104	7,1	7.4	7,0	6,7	6,8	7,0	0,21	0,276
CMSPV, kg/100 kg PV día								
CMSPV1	3,19a	3,26a	3,11a	2,98b	3,07b	2,96b	0,046	0,004
CMSPV2	2,98a	3,14a	2,92a	2,72b	2,72b	2,76b	0,079	0,002
CMSPV3	2,84a	3,02a	2,94a	2,58bc	2,49c	2,74b	0,080	0,006
CMSPVt	2,97a	3,12a	2,95a	2,72b	2,72b	2,78b	0,067	0,009
Eficiencia de conversión, CMS/ADPV								
EC1	7,3a	7,1a	6,9a	6,2b	5,5c	5,7c	0,11	0,001
EC2	7,2ab	7,6a	7,2ab	6,7bc	5,8d	6,3c	0,24	0,003
EC3	8,5a	8,2a	7,7a	6,7b	6,3b	6,4bc	0,34	0,002
EC t	7,5a	7,6a	7,3a	6,5b	5,9c	6,2bc	0,19	0,001

[1] Pordomingo et al. (2004).

45% Maíz = Dieta on 45% de grano de maíz entero; 70% Maiz = Dieta con 70% de grano de maíz entero; 0% tan = Dieta testigo, sin el agregado de tanino; 0,75% tan = Dieta con 0,75% de tanino de quebracho agregado en polvo (base seca); 1,5% tan = Dieta con 1,5% de tanino de quebracho agregado en polvo

EE = Error estandar de posición de medias; P = Probabilidad estadística de efecto de factores

CMS = Consumo diario de materia seca; CMSPV = Consumo de materia seca diario por cada 100 kg de peso vivo; CMSPV1 = CMSPV para el primer período; CMSPV2 = CMSPV para el segundo período; CMSPV3 = CMSPV para el tercer período; CMSPVt = CMSPV para la totalidad del ensayo.

EC = Eficiencia de conversión (CMS/APV); EC1 = Eficiencia de conversión en el primer período de medición de peso vivo; EC2 = Eficiencia de conversión en el segundo período de medición de peso vivo; EC3 = Eficiencia de conversión en el tercer período de medición del peso vivo; EC t = Eficiencia de conversión del total del ensayo

a,b,c,d Medias en fila seguidas por letra diferente difieren estadísticamente ($P< 0.05$)

Cuadro 46. Efecto del agregado de soja cruda en una dieta de feedlot a base de maíz entero. Composición de las dietas (%)[1]

	T0[a]	T8	T16	T24
Maíz entero	72,6	70,3	68,1	65,9
Silaje maíz	8,0	8,0	8,0	8,0
Harina soja 50%PB	17.3	11,55	5,77	-
Soja cruda entera	-	8,0	16,0	24,0
Carbonato de calcio	1,52	1,52	1,52	1,52
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5
Premezcla vitam. ADE [b]	0,05	0,05	0,05	0,05
Premezcla mineral [c]	0,05	0,05	0,05	0,05
Rumensin 80	0,02	0,02	0,02	0,02
Tylan 40	0,01	0,01	0,01	0,01
ENm, Mcal/kgMS	2,17	2,18	2,2	2,21
ENg, Mcal/kgMS	1,5	1,51	1,52	1,53
Calcio, %	0,69	0,69	0,7	0,7
Fósforo, %	0,39	0,4	0,4	0,4
MS, %	75,74	75,96	76,07	76,26
PB, %	14,61	14,74	14,84	14,96
Extracto graso, %	4,5	6,4	8,2	10,1

[1] Felton y Kerley (2004)

[a]T0 = dieta que contiene 0% de soja cruda, T8 = continene 8%, T16 = contiene 16%, y T24 = contiene 24%

[b] premezcla ADE conteniene: vitamina A: 1.814.388 UI/kg; vitamina D3: 362.878 U/kg; vitamina E: 544 UI/kg.

[c] premezcla mineral contiene un mínimo de 10% Fe, 2% mínimo de Mn y Zn, 500 ppm de Cu, 1.000 ppm de Co y I; y 1.500 ppm de Se.

ENm = Concentración de enegía neta para mantenimiento; ENg = Concentración de energía neta para aumento de peso; MS = Materia seca, %; PB Proteína bruta:

Cuadro 47. Efecto del agregado de soja cruda en una dieta de feedlot a base de maíz entero y silaje de maíz. Composición de las dietas (%)

	T0[a]	T8	T16	T24
Maíz entero	65,6	63,3	61,1	58,9
Silaje maíz	15,0	15,0	15,0	15,0
Harina soja 50%PB	17,3	11,6	5,8	-
Soja cruda entera	-	8	16	24
Carbonato de calcio	1,52	1,52	1,52	1,52
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5
Premezcla vitam. ADE [b]	0,05	0,05	0,05	0,05
Premezcla mineral [c]	0,05	0,05	0,05	0,05
Rumensin 80	0,02	0,02	0,02	0,02
Tylan 40	0,01	0,01	0,01	0,01
ENm, Mcal/kgMS	2,12	2,14	2,15	2,16
ENg, Mcal/kgMS	1,46	1,47	1,48	1,49
Calcio, %	0,70	0,70	0,71	0,72
Fósforo, %	0,38	0,39	0,394	0,40
MS, %	92,95	72,75	72,56	72,36
PB, %	15,29	15,87	15,67	15,27
Extracto graso, %	4,75	6,41	8,08	9,74

Felton y Kerley (2004)

[a]T0 = dieta que contiene 0% de soja cruda, T8 = continene 8%, T16 = contiene 16%, y T24 = contiene 24%

[b] premezcla ADE conteniene: vitamina A: 1.814.388 UI/kg; vitamina D3: 362.878 U/kg; vitamina E: 544 UI/kg.

[c] premezcla mineral contiene un mínimo de 10% Fe, 2% mínimo de Mn y Zn, 500 ppm de Cu, 1.000 ppm de Co y I; y 1.500 ppm de Se.

ENm = Concentración de enegía neta para mantenimiento; ENg = Concentración de energía neta para aumento de peso; MS = Materia seca, %; PB Proteína bruta:

Cuadro 48. Efecto del agregado de soja cruda en una dieta de feedlot a base de maíz entero[1]

	T0[a]	T8	T16	ºT24	EE	TRT
Peso vivo						
Día 0, kgb	439,3	443,5	436,9	445,3	—	
Día 29,kg	494,1	489,4	482,4	476,4	3,15	0,01
Día 58, kg	529,4	534,3	517,4	529,4	4,26	0,1
Día, 0 a 28						
ADPV, kg	1,82	1,67	1,42	1,22	0,12	0,03
CMS, kg	9,38	8,8	8,05	8,04	0,25	0,01
Conversión	0,19	0,18	0,17	0,14	0,02	0,18
Día, 29 a 58						
ADPV, kg/d	1,29	1,46	1,36	1,68	0,09	0,07
CMS, kg/d	9,25	9,22	8,42	9,14	0,23	0,1
Efic, Conv,	0,14	0,16	0,17	0,19	0,02	0,1
Día, 0 a 58						
ADPV, kg/d	1,55	1,57	1,39	1,45	0,07	0,31
CMS, kg/d	9,32	8,98	8,23	8,59	0,25	0,01
Conversión	0,16	0,17	0,17	0,17	0,01	0,84
Res						
Peso cal., kg	319,1	314,6	312,5	312,2	2,64	0,27
Marmoladoc	4,98	4,96	5,17	5,11	0,18	0,82
GD, cmd	1,08	1,05	0,98	1,04	0,05	0,51
AOB, cm2e	83,45	80,74	83,67	83,16	1,02	0,21
Engrasam., %f	60,1	59,13	59,84	59,51	0,63	0,73
RPC, %g	2,05	2,05	1,94	2,16	0,1	0,52

[1] Felton y Kerley (2004)

CMS = Consumo materia seca; ADPV = Aumento diario de peso vivo, Efic. Conv. = Eficencia de conversión: aumento de peso/kg de alimento; Peso cal. = Peso en caliente; c Puntos de marbling: 4,00 to 4,99 = Select; 5,00 to 5,99 = low Choice (escala americana); d Grasa dorsal medida sobre la costilla 13; e AOB = Area de ojo del bife de longissimus dorsi;medido a nivel de la 12da y 13ra costilla; f Calculado sobre el peso final sin desbaste en en día 58 de ensayo; g Grasa de riñón, pelvis y corazón; EE = Error estándar de diferencias de mendias; Efectos P =, TRT = tratamientos; Lin = Lineal; Cuad = Cuadrático; Cub = Cúbico

Cuadro 49. Efecto del agregado de soja cruda en una dieta de feedlot a base de maíz entero y silaje de maíz[1]

	T0[a]	T8	T16	T24	EE	TRT
Peso vivo						
Día 0, kg[b]	412,1	414,1	418	414,4	2,24	0,36
Día 31, kg	478,4	479,6	480,6	474,3	5,62	0,86
Día 72, kg	536,5	535,8	543,2	538,6	6,85	0,87
Día, 0 a 31						
ADPV, kg	2,13	2,11	2,02	1,93	0,16	0,8
CMS, kg	9,66	9,49	9,43	8,9	0,23	0,18
Conversión	0,22	0,22	0,22	0,21	0,02	0,96
Día, 31 a 58						
ADPV, kg/d	1,72	1,61	1,57	1,7	0,16	0,89
CMS, kg/d	10,55	10,41	9,98	8,77	0,14	0,001
Conversión	0,16	0,15	0,16	0,19	0,02	0,37
Día, 58 a 72						
ADPV, kg/d	0,85	0,91	1,44	1,31	0,11	0,35
CMS, kg/d	11,45	10,19	11,11	10,6	0,39	0,18
Conversión	0,07	0,09	0,13	0,12	0,02	0,25
Día, 0 a 72						
ADPV, kg/d	1,73	1,69	1,74	1,72	0,09	0,98
CMS, kg/d	10,43	9,75	10,09	9,64	0,41	0,25
Conversión	0,17	0,18	0,17	0,18	0,01	0,47
Res						
Peso cal., kg	321,7	328,6	328,3	323,2	4,52	0,62
Marmoladoc	5,86	5,77	5,85	5,47	0,21	0,54
GD, cmd	10,71	11,01	10,37	9,91	0,58	0,6
AOB, cm2e	78,93	80,24	80,04	79,24	0,78	0,35
Engrasam., %f	59,98	61,42	60,44	60,09	0,62	0,39

[1] Felton y Kerley (2004)

[a]T0 = dieta que contiene 0% de soja cruda, T8 = continene 8%, T16 = contiene 16%, y T24 = contiene 24%; n = 4; Efic. Conv. = Eficencia de conversión: aumento de peso/kg de alimento; Peso cal. = Peso en caliente. [c]Puntos de marbling: 4,00 to 4,99 = Select; 5,00 to 5,99 = low Choice (escala americana); [d] Grasa dorsal medida sobre la costilla 13; [e] AOB = Area de ojo del bife de longissimus dorsi;medido a nivel de la 12da y 13ra costilla; [f] Calculado sobre el peso final sin desbaste en en día 58 de ensayo; [g] Grasa de riñón, pelvis y corazón. EE = Error estándar de diferencias de mendias. Efectos P =, TRT = tratamientos; Lin = Lineal; Cuad = Cuadrático; Cub = Cúbico

Cuadro 50. .Efecto del consumo de fósforo (P) sobre el consumo (CMS), el aumento de peso (APV), la conversión y la terminación de novillos alimentados a corral[1]

	Fósforo, % MS							
	0,16	0,22	0,28	0,34	0,40	EE	Lineal	Quadr
Consumo P, g/día	14,2	20,2	23,4	31,7	35,5	0,7		
Peso vivo inicial., kg	268	265	264	264	264	6	0,61	0,75
Peso vivo final, kg	579	578	538	592	564	11	0,69	0,33
CMS, kg/día	8,9	9	8,2	9,3	8,8	0,2	0,92	0,32
APV, kg/día	1,52	1,53	1,34	1,61	1,47	0,04	0,86	0,28
ADPV/CMS	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17	0,004	0,65	0,79
Conversión	5,8	5,8	6,1	5,7	6,0			
Grasa dorsal cm	0,97	1,28	1,16	1,17	1,17	0,12	0,41	0,25
AOB, cm^2	112	110	105,4	106	108,1	2,7	0,19	0,21
Marbling	529	533	516	566	571	31	0,25	0,57

[1] Erickson et al. (2002)
Marbling score: ligero 50 = 450, escaso = 550
Respuestas lineal y quadrática no signigficativas

Cuadro 51. Efecto de la oferta restringida de alimento sobre el aumento de peso[1]

	AdLib	90%Adlib
Grano húmedo de maíz entero	70	70
Maíz molido seco	6,4	4,6
Silaje de maíz planta	15	15
Harina de soja	5,25	6,5
Urea	0,6	0,75
Grasa	0,4	0,43
Fosfato dicálcico	0,35	0,55
Carbonato de calcio	1,4	1,45
Mezcla microminerales	0,5	0,54
Rumensin, 176 g/kg	0,016	0,017
Tylan, 220 g/kg	0,01	0,011
Selenio, 201 mg/kg	0,05	0,054
Vitamina A, 30000 UI/kg	0,01	0,011
Vitamina D, 3000 UI/kg	0,01	0,011
Vitamina E, 44 UI/g	0,03	0,032
Composición nutritiva, % en base seca		
Proteina bruta	11,74	12,55
Calcio	0,63	0,68
Fósforo	0,42	0,45
Potasio	0,6	0,56
ENm, Mcal/kg	2,08	2,07
ENg, Mcal/kg	1,42	1,42
Performance		
PV inicial	285,5	285,7
PV final	413	420
APV, kg/día	1,62	1,7
CMS, kg/día	8,76	7,93
EC, CMSl/APV	5,41	4,66
Días	79	79

[1] Rossi et al. (2000)

AdLib = Oferta restringida al 90% del consumo adlíbitum. Novillos de frame grande = continental x británico

Minerales traza = 93% ClNa, 0,35% Zn, 0.28% Mn, 0.175% Fe, 0.035% Cu, 0.007% I, 0.007 Co

Cuadro 52. Performance de terneras en engorde sobre dietas basadas en grano de cebada o maíz entero

	T1	T2	T3	EE
PV inicial, kg	160.4	160.3	160.4	1.857
PV final, kg	305.9a	317.5b	331.6c	5.32
APV, g/día	1024a	1108a	1206c	35.5
CMS, kg	6.63a	6.8b	7.03c	0.023
CMSPV, %	2.85	2.85	2.86	0.039
EfConversión	6.72a	6.17ab	5.89a	0.249

T1 = 96% cebada + 1% urea

T2 = 67% cebada + 30% afrechillo de trigo

T3 = 69% maíz + 20% harina de girasol + 8% heno de alfalfa

Pordomingo et al., 2008; INTA Anguil, La Pampa

Cuadro 53. Composición de dietas a base maíz y cebada y performance de novillos engordados a corral

	T1	T2	T3	EE
Maíz aplastado, %	77	54	45	-
Cebada aplastada, %	0	37	52	-
Afrechillo trigo, %	8	0	0	-
Urea	0.20	0.30	0.45	-
Exp. Girasol, %	12	6	0	-
Nucl. vit/min c/mon, %	2.5	2.5	2.5	-
PB, %	12.1	12.2	12.1	-
FDN, %	16.1	19.2	20.2	-
FDA, %	12.0	12.1	12.1	-
EM, Mcal/kg MS	2.78	2.78	2.77	-
PV inicial, kg	253	252	254	1.923
PV final, kg	413	424	438	4.88
APV, g/día	1301a	1398b	1496c	37.1
CMS, kg/día	9.3	9.2	9.2	0.031
CMSPV, %	2.78c	2.72b	2.65a	0.027
Conversión	7.1c	6.6b	6.1a	0.188

Pordomingo et al.. 2008; INTA Anguil, La Pampa

Cuadro 54. Efecto de la inclusión dde afrechillo de trigo en dietas de engorde de teneros para carne

	T1	T2	EE	P
Maíz	64.3	69.5	-	-
Harina girasol	10	20	-	-
Afrechillo trigo	22	0	-	-
Urea	0.7	0.5	-	-
Heno alfalfa	0.0	7.0	-	-
Núcleo vitam. y min.	3.0	3.0	-	-
Proteina bruta, %	14.4	14.4	-	-
FDA, %	12.7	13.1	-	-
EM, Mcal/lg MS	2.84	2.83	-	-
Período, días	159	159	-	-
PV inicial, kg	176.3	176.5	3.39	0.968
PV final, kg	368.1	369.2	5.25	0.791
APV, g/día	1206	1212	28.9	0.766
Consumo MS, kg/día	7.04	7.06	0.099	0.903
CMSPV, %	2.59	2.6	0.037	0.931
CEM, Mcal/día	20.01	20.06	0.028	0.904

T1 + Dieta con afrechillo y sin heno de alfalfa; T2 = Dieta sin afrechillo, con heno
P = Probabilidfad de F > F0
FDA = Fibra detegente ácido
EM = Energía metabolizable
Pordomingo et al., 2008
PV = Peso vivo
APV = Aumento de peso vivo
CMSPV = Consumo diario en base seca, relativo al peso vivo
CEM = Consumo diario de energía metabolizable

Cuadro 55. Composición de las dietas y respuesta animal de dietas en base a silaje de maíz con el agregado de maíz en grano molido

	G24	G36	G48	G72	EE	P
Silaje de maíz	85	68	51	18.5	-	-
Grano de maíz	0	17	34	66.5	-	-
Harina de girasol	14.5	14.5	14.7	14.8	-	-
Urea	0.51	0.5	0.33	0.22	-	-
Núcleo vitam mineral	2	2	2	2	-	-
PB, %	12.4	12.4	12.4	12.4	-	-
FDA, %	34.9	28.6	23.9	19.6	-	-
CEM, Mcal kgMS-1	2.22	2.42	2.53	2.67	-	-
PV día 0, kg	304	304	304	304	5.7	0.957
PV día 123, kg	397[a]	427[b]	428[b]	457[c]	6	0.001
APV, kg día-1	0.753[a]	0.998[b]	1.006[b]	1.247[c]	0.022	0.001
CMS, kg día-1	10	10.2	10.2	9.8	0.23	0.271
CMS, g 100-1g PV	2.9[b]	2.8[b]	2.8[b]	2.6[a]	0.04	0.025
APV CMS-1, g kg-1	75[c]	98[b]	99[b]	127[a]	6.8	0.001

PB = Proteina Bruta, FDA = Fibra detergente ácido; a, b, c Medias con superíndice diferente difieren P <0.05

Pordomingo et al., 2012, INTA Anguil, La Pampa

Cuadro 56. Efecto de la proporción de urea en dietas basadas en silaje de planta entera de sorgo granífero

	U0	U1	U2
Silaje sorgo gr, %	62.5	70	77.5
Mezcla granos, %	20	20	20
Harina girasol, %	15	7.5	0
Urea, %	0	0.62	1.25
Nucleo vit/min	2.5	1.88	1.25
EM, Mcal/kgMS	2.42	2.42	2.42
FDN, %	46.8	47.3	47.9
FDA, %	25.3	25.3	25.3
DMS, %	67.0	67.0	68.7
PB, %	11.68	11.71	11.74
PV día 0, kg	328	329	329
PV día 90, kg	443c	433b	418a
APV, g/día	1272c	1165b	992a
CMS, kg/día	13.4c	12.0b	11.4a
CMS, % PV	2.33a	2.29a	2.56b
CEM, Mca/d	32.3c	29.0b	27.5a
ConvMS	10.5a	10.3a	11.4b

INTA Anguil, La Pampa (ined.)

Cuadro 57. Efecto del tipo de silaje de sorgo en la respuesta animal en dietas a corral

	SG		SS		SF		EE
Hembras							
Peso inicial, kg	289		288		290		7.4
Peso final, kg	358		350		349		9
APV, g/d	928	bA	833	aA	806	aA	41.9
CMS, kg/d	9.4	bB	8.6	abA	7.9	aA	0.33
CMSPV, %	2.9	bB	2.7	abA	2.5	aA	0.08
IC, kg CMS/kg APV	10.2	B	10.4	B	9.8	A	0.55
ICEM, Mcal CMS/kg APV	23.4	B	23.6	B	21.8	A	0.65
Novillos							
Peso inicial, kg	280		279		280		10.6
Peso final, kg	358		353		353		12.8
APV, g/d	1089	bB	998	aB	991	aB	38.3
CMS, kg/d	8.5	A	8.1	A	8.9	B	0.29
CMSPV, %	2.7	abA	2.6	aA	2.8	bB	0.11
Conv., kg CMS/kg APV	7.9	A	8.2	A	9	A	0.44
EE§							
APV	30.2		35.1		28.5		
CMS	0.35		0.3		0.27		
CMSPV	0.09		0.06		0.08		
Conversión MS	0.63		0.58		0.74		

n = 4 corrales por trt, 3 animales por corral

§ EE para las comparaciones entre sexos dentro de dieta

a, b Medias en fila seguidas por letra distinta difieren ($p < 0.05$)

A, B Medias en columna con letras mayúscula distinta difieren ($p < 0.05$)

Cuadro 58. Efecto de la inclusión de soja cruda en dietas de engorde a corral de vaquillonas

	0*	10	18	EE
Maíz entero	68.4	68.4	68.4	-
Afrechillo de trigo	11	10	10	-
Harina de girasol	16.8	8	0	-
Soja cruda	0	10	18	-
Urea	0.8	0.6	0.55	-
Premezcla vit., min	2.98	2.98	2.98	-
Monensin	0.02	0.02	0.02	-
Composición nutricional				
Proteina bruta, %	14.9	14.9	15.1	-
FDA, %	9.8	8.6	6.8	-
TND, %	77.5	79.6	81.3	-
Respuesta animal				
PV incial, kg	140	136	136	1.96
PV final, kg	315b	309a	298a	4.63
APV, g/día	1007c	1056b	996a	24.4
CMS, kg/día	7.13c	6.6b	5.94a	0.224
CMSPV, %	3.13c	2.96b	2.74a	0.061
Conv., CMS/APV	6.67b	6.24a	5.96a	0.154

*Proporción de soja cruda (base MS) en la dieta

PV = Peso vivo

APV = Aumento de peso vivo

CMS = Consumo de materia seca

CMSPV = CMS relativo al peso vivo

FDA = Fibra detergente ácido

TND = Total nutrientes digestibles

a, b, c Medias en filas con diferente superíndice difieren ($P < 0.05$)

Pordomingo et al. (2010)

Cuadro 59. Ingredientes y composiciónde las dietas en base a grano de maín con incluisón de soja

	0*	10	16	22
Proporción de ingredientes, %				
Poroto de soja	0	10	16	22
Grani de maíz	74.7	69.1	66.3	62.5
Harina semilla algodón	20	11	5	0
Urea	0.85	0.40	0.20	0
Heno de pastura	2	7	10	13
Premezcla Vit & minineral	2.5	2.5	2.5	2.5
Composición proximal				
Proteína bruta, %	15.3	15.2	15.3	15.5
FDN, %	17.4	17.8	17.8	18.2
FDA, %	9.1	9.5	9.6	9.9
EE, %	4.2	6.0	7.0	8.0
EM Mcal/kg DM	2.74	2.75	2.75	2.75

Adaptado de Felice et al., 2013

Cuadro 60. Efecto de la inclusión de poroto de soja crudo versus tostado en dietas de alta energía para novillos de engorde a corral

	0*	10	16	22	EE	F > Fo	22 vs otros**
			Soja cruda§				
PV inicial, kg	285	285	286	285	5.7	0.999	-
PV final, kg	388	389	393	372	5.9	0.044	0.0134
APV, g/día	1142	1150	1188	966	28.4	0.0002	0.0001
Consumo MS, kg/día	9.8	9.6	10.0	8.8	0.22	0.013	0.0010
CMS/PV, g/kg	29	28	29	27	0.65	0.044	0.0170
Conversión, CMS/ADG	8.6	8.3	8.4	9.1	0.24	0.035	0.0340
Rendim. res, %	58.6	58.7	58.8	58.2	0.29	0.558	-
Area ojo bife, cm^2	66.2	65.8	66.6	65.5	1.33	0.942	-
Espesor grasa dorsal, mm	7.7	7.9	7.8	7.9	0.26	0.897	-
			Soja tostada				
PV inicial, kg	285	285	285	285	5.2	0.999	-
PV final, kg	389	389	393	395	5.6	0.864	-
APV, g/día	1149	1155	1201	1223	24.6	0.06	-
Consumo MS, kg/día	9.7	9.5	10.2	9.8	0.25	0.665	-
CMS/PV, g/kg	29	28	30	29	0.82	0.703	-
Conversión, CMS/ADG	8.4	8.2	8.5	8.0	0.33	0.5554	-
Peso de res, %	58.9	58.5	58.6	58	0.32	0.708	-
Area ojo bife, cm^2	66.7	67.0	66.7	64.9	1.30	0.639	-
Espesor grasa dorsal, mm	7.75	7.83	7.83	7.42	0.25	0.613	-
Errores estándar para los efectos de procesamiento (crudo o tostado)							
PV inicial, kg	10.4	10.4	10.5	10.6	-	-	-
PV final, kg	10.5	10.6	10.3	11.3	-	-	-
APV, g/día	23.9	24.3	26.8	26.8	-	-	-
Consumo MS, kg/día	0.18	0.24	0.22	0.27	-	-	-
CMS/PV, g/kg	0.52	0.66	0.47	0.58	-	-	-
Conversión, CMS/ADG							
Peso de res, %	0.336	0.346	0.317	0.3949	-	-	-
Area ojo bife, cm^2	1.70	1.81	1.96	2.40	-	-	-
Espesor grasa dorsal, mm	0.281	0.346	0.256	0.3005	-	-	-
Valores de significancia (P) para el efecto de procesamiento (crudo o tostado)							
PV inicial, kg	0.973	0.982	0.934	0.974	-	-	-
PV final, kg	0.938	0.956	0.995	0.170	-	-	-
APV, g/día	0.829	0.956	0.7357	0.001	-	-	-
Consumo MS, kg/día	0.833	0.762	0.561	0.039	-	-	-
CMS/PV, g/kg	0.541	0.487	0.205	0.044	-	-	-
Conversión, CMS/ADG	0.665	0.455	0.382	0.032	-	-	-
Peso de res, %	0.491	0.737	0.583	0.768	-	-	-
Area ojo bife, cm^2	0.834	0.642	0.960	0.861	-	-	-
Espesor grasa dorsal, mm	0.836	0.835	0.999	0.252	-	-	-

*Proporción de soja en la dieta (0, 10, 16 y 22%, base MS)

** Significancia de los contrates del nivle 22% de soja vslos otros (promedio de 0, 8 and 16%)

§ Interacción entre procesamiento y nivel detectadas ($P < 0.001$)

Cuadro 61. Composición de dietas (base materia seca)1

	Baja fibra (12% heno)			Alta fibra (50% heno)		
Item	0	20	40	0	20	40
Ingrediente, %						
Maíz	67.53	57.03	45.03	30.38	22.18	8.36
Heno pastura	12	12	12	50	50	50
Burlanda		20	40		20	40
Harina de soja	14	6.5		14	4	
Aceite de soja	2.9	1.4		2.8	1.3	
Carbonato de calcio	1.65	1.65	1.65	1.1	1.1	1.1
Urea	1.5	1	0.2	1.3	1	0
Melasa	0	0	0.7	0	0	0.12
Sal común	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
vitaminaa A[2]	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Minerales traza[3]	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Rumensin 80[4]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Composición nutritiva[5] %						
Proteina cruda	17.4	16.7	16.7	17.2	16.8	16.2
Lípidos	8.19	9.8	9.51	7.85	7.06	9.44
FDA	7.36	9.66	11.5	22.7	17.2	8.45
FDN	13.6	17.6	20.4	36.1	39.6	43
Almidón	45.7	41.4	35.1	22.7	17.2	8.45
Calcio	0.9	0.65	0.46	0.74	0.62	0.56
Fósforo	0.31	0.36	0.41	0.33	0.36	0.41
Potasio	0.79	0.72	0.74	1.3	1.23	1.28
Azufre	0.16	0.23	0.33	0.19	0.27	0.36
ENm, Mcal/kg	2.06	2.1	2.14	1.72	1.75	1.8
ENg, Mcal/kg	1.34	1.34	1.34	0.99	0.98	0.99

[1]0, 20, and 40 indican proporción de burlanda de maíz en la dieta
[2]vitamina A premezcla conteniendo 5 millones IU/kg.
[3]Mezca mineral con: Ca, 13.2%; Co, 0.10%; Cu, 1.5%; Fe (ferroso), 10.0%; Fe (óxido ferrico), 0.44%;), 0.20%; Mn, 8.0%; and Zn, 12%.
[4]Rumensin 80, Elanco Animal Health (Greenfield, IN).
[5]Nutrientes analizados. ENm and ENg calculados (NRC, 1996)
Tomado de Schoonmaker et al., 2010

Cuadro 62. Efecto de la concentración de burlanda húmeda en dieta de baja (12% heno) o alta fibra (50% heno) sobre el crecimiento y performance de bovinos[1]

Item	Baja fibra			Alta fibra			EEM	Valor de P		
	0	20	40	0	20	40		Dieta	WDG	Dieta × WDG
PV inicial, kg	391	391	390	390	390	389	0.94	0.17	0.7	0.99
PV final, kg	576	583	576	570	583	581	6.58	0.93	0.36	0.71
APV, kg/día	1.58	1.68	1.62	1.23	1.35	1.28	0.064	0.01	0.25	0.98
Días en ensayo	120	115	115	158	149	158	7.9	0.01	0.67	0.84
Consumo MS, kg/día	10.6[ab]	10.5[a]	10.3[ac]	10.9[b]	11.0[b]	10.0[c]	0.19	0.14	0.01[2,3]	0.044
Total CMS, kg	1278	1216	1190	1728	1648	1571	81.6	0.01	0.35	0.91
Eficiencia, g APV/kg CMS	145	158	156	104	117	122	0.6	0.01	0.042	0.51

[a–c]Medias en la misma fila con superíndice diferente difieren ($P < 0.05$; interacción)
[1] 0, 20, and 40 indica la proporción de burlanda en a Dieta
[2]Efecto lineal de la burlanda ($P < 0.05$).
[3]Efecto cuadrático de la burlanda ($P < 0.05$).
[4]Efectos lineal y cuadrático de la burlanda en la Dietaa de alta fibra ($P < 0.01$).
EEM = Erro estándar de la media
Tomado de Schoonmaker et al., 2010.

Cuadro 63. Efecto de la concentración de burlanda húmeda en dieta de baja (12% heno) o alta fibra (50% heno) sobre las características de la res[1]

Item	Baja fibra			Alta fibra			EEM	Valor de *P*		
	0	20	40	0	20	40		Dieta	WDG	Dieta × WDG
Peso de la media res, kg	356	357	357	331	340	344	3.6	0.01	0.15	0.23
Rendimiento al gancho, %	61.6	61.3	61.9	57.9	58.4	59.1	0.35	0.01	0.082	0.31
Espesor de grasa dorsal, cm	1.22^{a}	1.07^{b}	1.07^{b}	0.89^{cd}	0.97^{bc}	0.81^{d}	0.046	0.01	0.052	0.08[3,4]
Proporción vísceras, %	2.3	2.3	2.3	2.1	2.1	2.1	0.06	0.01	0.81	0.77
Area ojo del bife, cm^2	80.7	83.2	83.2	76.8	80.7	82.6	1.42	0.08	0.022	0.46
Escore de marmoreo[5]	325.4^{a}	306.3^{b}	264.5^{cd}	249.3^{c}	282.4^{d}	261.7^{c}	6.46	0.01	0.01[2,6]	0.01[3,4]
Grados de calidad (escala norteamericana)										
Standard, %	0	0	0	23.3	0	4.3	2.18	0.01	0.01[2,6]	0.01[4,7]
Select−, %	5	8.5	21.5	4.3	9.3	19	5.17	0.85	0.022	0.95
Select^{+}, %	31.5	47.5	56.5	67.5	67.5	73	8.31	0.01	0.22	0.48
Choice and greater, %	63.5^{a}	44.0^{b}	17.5^{cd}	5.0^{c}	23.5^{d}	4.3^{c}	6.26	0.01	0.01 [2,6]	0.01 [3,4]
Choice^{-}, %	53.5^{b}	40.0^{ab}	17.5^{c}	5.0^{c}	23.5^{bc}	4.3^{c}	7.5	0.01	0.03[2,6]	0.06[3,4]
Choice^{o}, %	10	4.3	0	0	0	0	2.93	0.07	0.26	0.26

[a.. c–]Medias en la misma fila con superíndice diferente difieren ($P < 0.10$). EEM = Error estándar de la media

[1] 0, 20, and 40 indica la proporción de burlanda en la dieta

[2]Efecto lineal de la burlanda ($P < 0.05$).

[3]Efecto lineal de la burlanda en dietas de baja fibra ($P < 0.05$).

[4]Efecto cuadrático de la burlanda en dietas de alta fibra ($P < 0.10$).

[5]Sin marmoreo = 100 to 199, apenas = 200 to 299, muy escaso = 300 to 399, escaso = 400 to 499, moderado 500 to 599.

[6]Efecto cuadrático de la burlanda ($P < 0.10$).

[7]Efecto lineal de la burlanda en dieta de alta fibra ($P < 0.05$).

Cuadro 64. Composición de dietas basadas en maíz seco rolado o en copos (flakes) con o sin burlanda húmeda (WDGS)

Item	0% WDGS		20% WDGS	
	Maiz flakes	Maiz rolado	Maiz flakes	Maiz rolado
Ingredientes				
WDGS	–	–	20.0	20.0
Maíz rolado	–	76.0	–	60.8
Maíz en flakes	76.0	–	60.8	–
Heno alfalfa	10.0	10.0	10.0	10.0
Grasa amarilla	2.0	2.0	2.0	2.0
Glicerina	4.0	4.0	4.0	4.0
Harina semilla algodón	4.8	4.8	–	–
Urea	1.2	1.2	1.2	1.2
Carbonato de calcio	1.4	1.4	1.4	1.4
Premezcla[3]	0.6	0.6	0.6	0.6
Composición nutritiva				
Materia seca, %	83.7	87.8	69.8	73.1
Materia orgánica, %	95.2	95.1	93.4	93.3
Proteina bruta, %	13.8	14.3	15.8	16.3
Extracto etéreo, %	4.68	5.82	6.55	7.46
Calcio, %	0.71	0.71	0.68	0.68
Fósforo, %	0.25	0.33	0.33	0.39
Potasio, %	0.55	0.6	0.66	0.7
Azufre, %	0.12	0.12	0.24	0.25
Balance de proteina metabolizable[4]	211	245	301	365
Balance de proteina degradable en rumen[5]	13	115	80	152

[1]Procesasado del maiz, Maiz en copo o flakes, maíz seco aplastado rolado

[2]WDGS = Burlanda con solubles

[3]Premezcla formulada para ofrecer 0.30% sal, 60mg/kg Fe, 40 mg/kg Zn, 30 mg/kg Mg, 25 mg/kg Mn, 10 mg/kg Cu, 1 mg/kg I, 0.15 mg/kg Co, 0.10 mg/kg Se, 1.5 IU/g vitamina A, 0.15 IU/g vitamina D, 8.81 IU/kg vitamina E, 33 mg/kg monensin (Elanco Animal Health, Indianapolis,IN), and 8.7 mg/kg tylosin (Elanco Animal Health).

[4]MP = MP balance (g/d), predicted by NRC (1996) using observed animal performance.

[5]RDP = rumen degradable protein balance (g/d), predicted by NRC (1996) using observed animal performance.

Tomado de Buttrey et al., 2012

Cuadro 65. Efecto del procesado del maíz e inclusión de burlanda húmeda con solubles (WDGS) en la dieta sobre la producción y caracteristicas de la carcasa de vaquillonas

Item	0% WDGS		20% WDGS		EEM	Valor de P[1]		
	Maiz flakes	Maiz rolado	Maiz flakes	Maiz rolado		Maíz	Sub-producto	Interacción
Corrales	6	6	6	6	–	–	–	–
Producción								
PV inicial, kg	355	354	354	355	0.5	0.91	0.75	0.34
PV final, kg	538	533	543	543	6.0	0.62	0.10	0.55
Consumo MS, kg/d	9.04	9.8	9.15	9.81	0.26	<0.01	0.73	0.79
APV, kg	1.2	1.18	1.23	1.23	0.04	0.77	0.14	0.69
Eficiencia, APV/CMS, kg/kg	0.13	0.12	0.14	0.13	0.00	<0.01	0.08	0.40
Performance ajustada a rendimiento res[4]								
PV final, kg	534	536	542	543	7.0	0.82	0.16	0.88
APV, kg	1.17	1.2	1.23	1.23	0.05	0.71	0.14	0.68
Eficiencia, APV/CMS, kg/kg	0.13	0.12	0.14	0.13	0.005	0.04	0.21	0.79
Características res								
Peso res, kg	344	346	350	350	5.0	0.83	0.16	0.87
Rendimiento, %[3]	64.1	64.9	64.5	64.5	0.50	0.27	0.95	0.29
Espesor grasa dorsal, cm	1.31	1.22	1.32	1.32	0.12	0.57	0.54	0.63
Score marmoreado[5]	545	544	528	529	16.0	0.97	0.19	0.9
Area ojo bife, cm^2	92.8	93.6	95.4	93.3	2.3	0.69	0.48	0.4
Dieta, ENm[6]	1.84	1.73	1.87	1.77	0.04	<0.01	0.26	0.93
Dieta, ENg[6]	1.2	1.11	1.23	1.14	0.04	<0.01	0.29	0.9

[1] Efecto tratamientos e interacciones, F-tests
[2] Procesamiento del maíz = en copos (flakes), o rolado (aplastado)
[3]Peso vivio final después de 4% de desbaste (NRC, 1996).
[4]PV final calculado con 64.5% de rendimiento
[5]400 = muy escaso; 500 = bajo; 600 = Modesto
[6]Calculado de acuerdo a Galyean (2008)
Tomado de Buttrey et al., 2012

Cuadro 66. Composición de dietas basadas en maíz en copos (flakes) incluyendo burlanda seca o húmeda de maízo de sorgo (DDGS o WDGS) de sorgo con solubles

Item	Control	Sorgo DGDGS		Sorgo WDGS		Maíz DGDS (6% heno)	
		0% Heno	6% Heno	0% Heno	6% Heno	Seca	Húmeda
Ingrediente, %							
Maíz en copos	81	75.2	69.8	73.9	68.4	69.6	71.5
Burlanda	—	15	15	16.1	16.3	15.1	12.8
Conc. sep. sub-producto	5.1	5	5.1	5	5	5.1	5.2
Heno alfalfa	5.9	—	5.9	—	5.8	5.9	6
Carbonato de calcio	1.3	1.7	1.4	1.6	1.4	1.3	1.4
Harina de soja	2.9	—	—	—	—	—	—
Urea	1	—	—	0.4	0.2	0.2	0.2
Premezcla vit/min[1]	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Suplemento[2]	2.5	2.7	2.4	2.6	2.5	2.4	2.5
Composición nutritiva, %							
Materia seca	81.6	82.4	82.7	67.2	67.4	82.5	66.5
Proteina bruta	13.7	13.9	14.6	13.9	13.8	13.5	13.3
Consumo proteina degradable[3]	3.8	4.5	4.4	5.1	5	4.9	5.2
Grasa amarilla	3.8	4.5	4.4	5.1	5	4.9	5.2
Calcio	0.52	0.61	0.62	0.62	0.65	0.57	0.68
Fósforo	0.24	0.26	0.26	0.36	0.36	0.26	0.31
Potasio	0.92	0.78	0.87	0.95	1.04	0.89	0.97

[1]Formulado para proveer por kg de MS de dieta: 0.1 mg de Co; 10 mg de Cu; 0.6 mg de I; 60 mg de Mn; 0.2 mg de Se; 60 mg de Zn; and 1,200 IU de vitamina A.
[2]Alimentado a razón de 0.23 kg/d (baseMS) para proveer 300 mg de monensin (Elanco Animal Health, Indianapolis, IN) y 90 mg de tylosin (Elanco Animal Health) diariamente.
[3]DIP = Consumo de proteina degradable
Tomado de Buttrey et al., 2012

Cuadro 67. Performance de novillitos consumiendo dietas basadas en maíz en copos conteniendo burlanda humeda (WDGS) o seca (DDGS) de maíz o de sorgo con solubles

Item	Control	Sorgo DGDGS		Sorgo WDGS		Maíz DGDS (6% heno)			Contrastes[1]			
		0% Heno	6% Heno	0% Heno	6% Heno	Seca	Húmeda	EE	1	2	3	4
Corrales (animales)	7 (43)	7 (43)	7 (41)	7 (43)	7 (42)	7 (44)	7 (43)	—	—	—	—	—
Período	115	115	115	115	115	115	115	—	—	—	—	—
PV inicial, kg	364	362	364	364	365	359	363	14.7	0.61	0.24	0.32	0.69
PV final, kg	543	522	550	533	543	542	538	12	0.92	0.19	0.99	0.01
Consumo MS, kg/d	9.34	8.66	9.57	8.71	9.39	9.48	9.21	0.27	0.64	0.22	0.13	0.01
APV, kg	1.42	1.25	1.47	1.33	1.41	1.44	1.38	0.05	0.82	0.52	0.64	0.01
Efic., APV/CMS, g/kg	151	145	154	152	150	152	151	3.7	0.92	0.85	0.75	0.27
Ajuste por rendimiento de res												
PV final,[2] kg	524	499	522	514	518	521	520	11.2	0.47	0.94	0.37	0.01
APV, kg	1.44	1.22	1.41	1.35	1.37	1.45	1.41	0.05	0.49	0.43	0.61	0.01
Eficiencia, APV/CMS, g/kg	154	142	148	155	147	153	153	4	0.33	0.12	0.14	0.78
Digestibilidad aparente, %												
Materia seca	83.8	83.9	82.6	86.4	80.1	81.2	82	0.9	0.03	0.79	0.74	0.01
Materia orgánica	86.8	86.4	85.2	89	83.4	84	85	0.85	0.02	0.79	0.39	0.01

[1]Contrastes ortogonales: 1 = control vs. DGS (control vs. burlanda de sorgo y de maiz). 2 = burlada de sorgo vs de maíz DGS. 3 = Sorgo WDGS vs. Sorgo DDGS
4 = sorgo DGS con heno vs sorgo DGS sin heno
[2]Peso vivo final ajustado como peso de res/rendimiento de 63.5%.
Tomado de Buttrey et al., 2012

Cuadro 68. Composición de dietas (base MS) ofrecida a novilllos en engorde

	0% WDGS[1]		35% WDGS	
Item	SFC[2]	DRC	SFC	DRC
Ingrediente, %				
Burlanda	0.0	0.0	35.0	35.0
Maíz seco y aplastado (DRC)	0.0	75.1	0.0	47.2
Maíz en copos (flakes; SFC)	75.1	0.0	47.2	0.0
Heno de alfalfa	10.0	10.0	10.0	10.0
Grasa amarilla	2.96	2.96	0.20	0.20
Glicerina cruda	5.0	5.0	5.0	5.0
Harina de semilla de algodón	3.5	3.5	0.0	0.0
Urea	1.34	1.34	0.84	0.84
Carbonato de calcio	1.44	1.44	1.08	1.08
Suplemento[3]	0.7	0.7	0.7	0.7
Análisis químico, %				
Materia seca	82.4	88.0	53.8	55.3
Proteina bruta	14.3	14.5	18.1	18.2
Extracto etéreo	5.4	5.1	5.6	5.4
Ca	0.70	0.70	0.57	0.57
P	0.23	0.27	0.42	0.45
S	0.12	0.12	0.34	0.34
Acidos grasos, %				
12:00	0.328	0.331	0.311	0.313
14:00	0.058	0.057	0.090	0.080
14:01	0.01	0.01	0.001	0.001
16:00	0.956	1.017	0.923	0.961
16:1*cis-9*	0.058	0.058	0.012	0.012
18:00	0.495	0.508	0.179	0.187
18:1*trans*-11	0.037	0.037	0.002	0.002
18:1*cis*-9	1.68	1.84	1.65	1.75
18:1*cis*-11	0.062	0.066	0.044	0.047
18:2n-6	1.576	2.037	3.302	3.592
18:3n-3	0.104	0.112	0.128	0.132

[1]WDGS = Burlanda con solubles

[2]Método de procesamiento: SFC = Maíz en copos (flakes); DRC = Maíz aplastado rolado en seco

[3]Premescla formulada para proveerla inclusión por kg de MS de dieta de 0.30% sal, 60 mg/kg Fe (de sultafo férrico), 40 mg/kg Zn (sulfato de Zn), 30 mg/kg Mg (óxido de Mg), 25 mg/kg Mn (sulfato de Mn), 10 mg/kg Cu (sulfato de Cu), 1 mg/kg I (de dihhidroioduro), 0.15 mg/kg Co (sultafo de Cu), 0.10 mg/kg Se (Selenito de Na), 1.5 IU/g vitamina A, 0.15 IU/g vitamina D, 8.81 IU/kg vitamina E, 33 mg/kg monensin (Elanco Animal Health, Greenfi eld, IN), y 8.7 mg/kg tylosin (Elanco Animal Health).

Tomado de Buttrey et al., 2013

Cuadro 69. Efecto del tipo de procesado de maíz y la inclusión de burlanda húmeda de maíz sobre la respuesta animal y las características de la res de novillos

	0% WDGS		35% WDGS			Valor de P[1]		
Item	SFC[2]	DRC	SFC	DRC	EEM	Maíz	WDGS	Interac.
Observaciones, *n*	13	14	14	12	–	–	–	–
Producción[3]								
PV inicial, kg	310	307	308	308	9	0.76	0.93	0.82
PV final, kg	563	545	557	561	14	0.5	0.6	0.25
APV, kg	1.45	1.37	1.43	1.45	0.06	0.51	0.57	0.29
Consumo MS, kg/d	8.52	9.16	8.21	8.99	0.31	<0.01	0.26	0.75
Eficiencia, APV/CMS, g/kg	170	150	174	161	5	<0.01	0.02	0.14
Performance ajustada por carcasa[4]								
PV final, kg	562	544	558	562	14	0.51	0.46	0.27
APV, kg	1.45	1.36	1.44	1.46	0.07	0.51	0.41	0.29
Eficiencia, APV/CMS, g/kg	170	149	175	163	6	<0.01	0.04	0.3
ENm,[5] Mcal/kg	2.07	1.89	2.13	1.99	0.04	<0.01	<0.01	0.38
ENg,[5] Mcal/kg	1.41	1.25	1.46	1.34	0.03	<0.01	<0.01	0.35
Características de la carcasa								
Peso de la res, kg	366	355	364	367	9	0.5	0.46	0.27
Rendimiento[3]	65.1	65.1	65.4	65.4	0.4	0.97	0.38	0.88
Espesor de grasa dorsal, cm	1.49	1.34	1.4	1.37	0.16	0.43	0.93	0.58
Area ojo bife, cm^2	86.4	86.3	82.5	82	2.5	0.85	0.02	0.93
KPH, %	2.15	2.14	1.96	1.71	0.13	0.11	<0.01	0.11
Score de marmoreado[6]	5.62	5.04	5.16	5.16	0.25	0.11	0.33	0.1
Score de marmoreo ajustado[6,7]	5.4	5.05	5.26	5.25	0.21	0.24	0.8	0.24

[1]t F-test de trataminetos fueron Maíz = efecto del procesamineto de maíz; WDGS = Efecto de la inclusión de WCDS;Interacción =Interacción de método de procesamineto y la inclusión de WDGS en la dieta

[2]Método de procesamiento: SFC = Maíz en copos (flakes); DRC = Maíz aplastado rolado en seco

[3]PC final con desbaste del 4% (NRC, 1996)

[4]PV final determinado como el peso de res/65.2% de rendimiento

[5]ENm y ENg calculada de acuerdo a Vasconcelos y Galyean (2008), que utilizaron el factor de incremento escalar de acuerdo al PV de NRC (1996) con estándar de referencia de 478 kg

[6]4.00 = my escaso; 5.00 = escaso; 6.00 = Modesto

[7]Marmoreado estimado por ultrasonidos al inicio del ensayo se utilizó como covariante ($P < 0.01$).

Tomado de Buttrey et al., 2013

Cuadro 70. Efecto del tipo de burlanda húmeda con solubles (WDGS) y la cantidad sobre la respuesta de novillos en engorde

Item	Tratamiento[1]								
	CON	CDG-15	CDG-30	SDG-15	SDG-30	BDG-15	BDG-30	SEM[2]	Contraste[3]
PV inicial, kg	391	393	391	393	391	390	390	1.4	NS
PV final,4 kg	609	600	588	600	587	594	584	6.9	DG*, LV*
PV final ajust.,[5] kg	613	601	592	599	588	593	577	6.5	DG*, LV*
APV,[4] kg									
d 0 a 35	2.28	2.21	2.22	2.14	2.06	2.17	2.18	0.064	DG†
d 0 a 70	2.11	1.99	1.88	1.97	1.83	1.86	1.85	0.058	DG*, LV†
d 0 al final[6]	1.54	1.47	1.42	1.48	1.40	1.44	1.40	0.050	DG*
APV ajust.,[5] d 0 al final	1.57	1.47	1.45	1.46	1.40	1.43	1.33	0.044	DG*
CMS, kg/novillo día									
d 0 a 35	8.77	8.54	8.64	8.59	8.23	8.44	8.36	0.132	DG*
d 0 a 70	9.63	8.98	9.11	9.37	9.01	8.88	9.02	0.172	DG*
d 0 al final[6]	9.80	9.20	9.34	9.71	9.51	9.06	9.30	0.211	DG†, BL*
Eficiencia, APV/CMS[4]									
d 0 a 35	0.260	0.259	0.256	0.249	0.250	0.258	0.260	0.0053	BL†
d 0 a 70	0.219	0.221	0.207	0.210	0.203	0.210	0.205	0.0040	DG*, GS†, LV*
d 0 al final	0.157	0.160	0.152	0.153	0.148	0.159	0.150	0.0029	LV*, BL†
Eficiencia ajust.,[5]	0.161	0.161	0.155	0.150	0.148	0.158	0.144	0.0026	DG*, GS*, LV*, BI*
Valores calculados de EN. Mcal/kg MS[6]									
ENm,	2.09	2.16	2.08	2.06	2.04	2.15	2.07	0.022	GS*, BL*, LV*
ENg,	1.42	1.48	1.42	1.40	1.38	1.48	1.41	0.019	GS*, BL*, LV*

[1]CON =dieta a base de maíz en flakes; CDG-15 = Dieta en base a flakes con 15% (base seca) de burlanda de maiz con solubles (maiz WDG); CDG-30 = Dieta con 30% maíz WDG; SDG-15 = Dieta a base d maíz en copos con 15% (base seca) sorgo WDG; SDG-30 = Dieta con 30% de sorgo WDG; BDG-15 = Dieta basada en maíz en flakes con 5% (base MS) de a 50:50 mezcla de maíz y sorgo WDG; BDG-30 = Dieta a base maíz en flakes con 30% (base MS) de 50:50 mezcla de maiz y sorgo WDG.

[2]EEM de medias , n = 8 corrales/tratamiento.

[3]Contrastes ortogonales: DG = control vs. promedio de las otras dietas; GS = promedio de CDG-15 y CDG-30 vs. el promedio de SDG-15, SDG-30, BDG-15, y BDG-30; BL = promedio de SDG-15 y SDG-30 vs. el promedio de BDG-15 y BDG-30 ; LV = promedio de CDG-15, SDG-15, y BDG-15 vs. el promedio de CDG-30, SDG-30, y BDG-30; BI = la interacción del contraste BL con contraste LV.

[4]Dato de APV de día 0 a 35 y día 0 a 70fueron sin desbaste;desbaste del 4% sfue aplicado al PV final y ajustadorpo por cálculo de APV del día 0 hasta el final y ajustado. No ajuste por desbaste fue aplicado en los pesos iniciales.

[5]PV final ajustado fue igual al peso de res dividido por el rendimiento (62.43%). Aumento de peso ajustado global (d 0 hasta el final) se calculó utilizando el PV final ajustado y el PV inicial, y eficiencia fue ajustada, como la relación entre el APV (0 al final) y el consumo de MS

[6]Valores de EN de la dieta fueron calculados a partir de datos de performance utilizando ecuaciones de requerimientos para mantenimineto y APV de NRC (1996).

*$P \leq 0.05$; †$0.05 < P \leq 0.10$; NS = $P > 0.10$.

Tomado de May et al., 2012

Cuadro 71. Composición de dietas de terminación base materia seca) conteniendo burlanda seca con solubles (DDGS)

	Heno de alfalfa		Silaje de maíz	
	0% DDGS	25% DDGS	0% DDGS	25% DDGS
Maíz grano copos (flakes)	82.8	59.8	76.6	54.9
burlanda	—	24.3	—	24
Heno alfalfa	5.6	5.6	—	—
Licor de proc. de maíz	6	6.1	6	6
Silaje de maíz	—	—	11	11
Urea	1.3	—	1.2	—
Harina de soja	—	—	0.8	—
Carbonato de calicio	1.7	1.7	1.7	1.6
Suplemento[1]	2.6	2.5	2.7	2.5
Composición proximal, %				
Materia seca	80	81.2	70.1	70.5
Proteina bruta	14.5	16.1	14.4	15.5
Proteina degradable[2]	8.3	7.5	7.6	7.5
Extracto etéreo	3.7	5.2	3.6	5.1
FDN	10.5	17	12.6	19.2
Almidón	66.3	49.3	65.3	49.1
Calcio	0.7	0.7	0.7	0.7
Fósforo	0.3	0.5	0.3	0.5
Potasio	0.7	0.7	0.7	0.7

[1]Formulado para proveer 300 mg/d por kg MS de dieta en monensina (Elanco Animal
Health, Indianapolis, IN), 90 mg/d de tylosina (Elanco Animal Health), 0.5 mg/d de acetato de melengesterol
(Pfizer Animal Health, ENw York, NY; not included in Dietas for steers), 2,200 IU/kg de vitaminaa A, 0.3% sal, 22 IU/kg de vitaminaa E, 60 mg/kg de Mn, 60 mg/kg de Zn, 10 mg/kg de Cu, 0.63 mg/kg de I, 0.25 mg/kg de Se, and 0.1 mg/kg de Co, en maíz molido cMOo portador.

[2]DIP = Proteina degradable en rumen

Tomado de Uwituze et al., 2010

Cuadro 72. Engorde de hembras sobre dietas basadas en maíz en copos (flakes) conteniendo heno de alfalfa o silaje de maíz, con o sin burlanda seca de maíz con solubles (DDGS)

Item	Heno alfalfa		Silaje de maíz		EEM	Valor de P		
	0% DDGS	25% DDGS	0% DDGS	25% DDGS		Fuente fibra	Nivel burl.	Fibra × burl.
Animales	89	90	90	89	—	—	—	—
Corrales	6	6	6	6	—	—	—	—
Días	97	97	97	97	—	—	—	—
Peso inicial, kg	354	354	354	353	13	0.89	0.95	0.61
Peso final, kg	511	500	516	505	13.4	0.22	0.01	0.91
Peso final ajustado,[2] kg	498	494	502	495	4.1	0.56	0.19	0.86
APV,[1] kg/día	1.58	1.46	1.62	1.51	0.04	0.22	0.01	0.91
APV ajustado,[2] kg/día	1.49	1.44	1.53	1.46	0.04	0.56	0.19	0.86
Consumo MS, kg/día	8.02	7.83	8.33	8.09	0.23	0.05	0.14	0.88
Eficiencia APV:CMS	0.195	0.185	0.193	0.185	0.006	0.73	0.01	0.78
Eficiencia ajustada[3]	0.189	0.186	0.186	0.183	0.02	0.63	0.67	0.99
EN,[4] Mcal/kg								
Mantenimiento	2.66	2.64	2.62	2.6	0.02	0.77	0.58	0.97
Aumento de peso	1.93	1.91	1.89	1.87	0.18	0.76	0.57	0.98

[1]Desbaste aplicado del 4%.

[2] Peso final calculado ajustando el peso de res a un rendimiento de 63.5%.

[3]Calculado usando materia seca

[4]Calculado por NRC (1984).

Tomado de Uwituze et al., 2010

Cuadro 73. Composición de ingredientes para dietas basadas en silaje de maíz

	Ingredientes				
% de MS	Silaje maíz	Harina de soja	Grano de maíz	Burlanda seca de maíz	Gluten feed de maiz
Proteina bruta	8.6	51.7	9.0	32.4	23.5
PB indig,[1] % de PB	2.8	4.7	3.8	6.7	
FDN	54.3	19.3	71.4	46.8	44.1
FDA	21.6	5.4	5.3	13.2	10.7
TND	72.2	94	88.1	91.7	89.3
Estracto etéreo	3.2	1.7	2.9	10.9	3.9
Cenizas	3.0	6.3	1.5	4.2	5.7

[1] PB indigestible en FDA

Tomado de Segers et al., 2013

Cuadro 74. Performance de novillos alimentados con silaje de maiz, recibiendo gluten feed, burlanda más solubles o maíz con harina de soja

	Tratamiento				
Item	Gluten feed de maiz	Burlanda seca de maíz	Maiz y harina de soja	EEM	Valor de P
PV, kg					
d 0	303	303	302	3.9	0.96
d 84	383	394	92	6.7	0.28
APV, kg/día					
d 0 to 28	0.61[b]	0.94[a]	0.87[a]	0.06	0.003
d 0 to 56	0.93	1.11	1.11	0.08	0.1
d 0 to 84	0.94[b]	1.08[a]	1.08[a]	0.05	0.05

[a–c]Medias con superíndice diferente difieren ($P < 0.05$).

[1]Dietas consistieron de 75% Maíz silaje y 25% del tratamiento respectivo (en base seca).

Tomado de Segers et al., 2013

Cuadro 75. Ingredientes y composición de las dietas

	Dieta[1]			
Item	Control	25DDGS	30DDGS	35DDGS
Silaje de cebada[2]	15	10	5	—
Grano avena, temperizado y rolado	82.8	62.8	62.8	62.8
Burlanda seca de trigo (DDGS)[3]	—	25	30	35
Hairna de canola	0.5	0.5	0.5	0.5
carbonato de calcio	1.25	1.25	1.25	1.25
Melasas	0.12	0.12	0.12	0.12
Sal	0.15	0.15	0.15	0.15
Premezcla[4]	0.05	0.05	0.05	0.05
Urea	0.1	0.1	0.1	0.1
Saborizante[5]	0.003	0.003	0.003	0.003
Vitamina E (500,000 IU/kg)	0.003	0.003	0.003	0.003
Composición, % de MS				
MS, %	72.2	76.3	82	88.3
CP	12.6	19.1	20.3	21.2
NDF	24	25.7	25.2	24.7
FDA	10.7	11.4	10.7	10.1
peFDN[6]	2.8	2.3	1.5	0.9
EE	2.3	2.6	2.7	2.8
Almidón	47.8	36.4	35.4	34.3
Ca	0.62	0.61	0.59	0.58
P	0.33	0.48	0.51	0.54
S	0.19	0.4	0.44	0.48
ENg[7] Mcal/kg	1.27	1.33	1.37	1.4

[1]Dieta en base a cebada, y destilados de trigo (burlanda) en proporción de 15:85:0, 10:65:25, 5:65:30, y 0:65:35, respectivamente, para Control,

[2]Composición: 34.6.0% MS, 13.2% PB, 42.8%FDN, 26.7% FDA, y 22.2% almidón.

[3]Composición de la MS de la burlanda seca (DDGS)fue 94.1% MO, 38.1% CP, 18.6% NDIN (% N), 32.9% NDF, 14.0% FDA, 3.7% extracto etéreo, 1.8% almidón, 0.11% Ca, 0.93% P, y 1.02% S

[4]Ofrecido por kg de dieta (MS): 15 mg de Cu, 65 mg de Zn, 28 mg de Mn, 0.7 mg de I, 0.2 mg de Co, 0.3 mg de Se, 6,000 IU de vitamina A, 600 IU de vitamina D, y 47 IU de vitamina E.

[5]Anis 420, Canadian Biosystems Inc., Calgary, Alberta, Canada.

[6]peNDF se determinó multiplicando FDN de la dieta por la proporicón de MS retenida en sarandas de 19- y 8 mm del separador de fracciones Penn State (Lammers et al., 1996).

[7]NRC (2000)

Tomado de Yang et al., 2012

Cuadro 76. Efecto de burlanda de trigo con solubles (DDGS) en reemplazo de grano de cebada o silaje de cebada sobre el consumo de MS y el aumento de peso (APV) de bovinos en engorde

Item	Dieta[1]				SEM	Valor de *P*[2]		
	Control	25-DDGS	30-DDGS	35-DDGS		CON vs 25	Lineal	Cuadr
Novillos	5 (10)	5 (10)	5 (10)	5 (10)				
Consumo MS, kg/día								
Materia seca	10.9	11.6	11.3	10.7	0.13	0.01	0.01	0.27
Materia orgánica	10.1	10.5	10.4	9.9	0.15	0.04	0.01	0.31
FDN	2.6	2.9	2.8	2.6	0.04	0.01	0.01	0.39
Almidón	5.2	4.1	4.0	3.7	0.06	0.01	0.01	0.47
PB	1.4	2.1	2.3	2.2	0.03	0.01	0.07	0.01
Performance animal								
PV inicial, kg	493	489	485	489	4	0.4	0.99	0.41
PV final, kg	630	629	633	626	4.7	0.9	0.6	0.37
APV, kg/d	1.41	1.40	1.44	1.37	0.049	0.86	0.58	0.39
Conv. APV/CMS, g/kg	129	121	127	128	3.6	0.11	0.21	0.58
ENg,[3] Mcal/kg de dieta	1.23	1.13	1.18	1.21	0.025	0.02	0.05	0.85

[1]Dieta en base a cebada, y destilados de trigo (burlanda) en proporción de 15:85:0, 10:65:25, 5:65:30, y 0:65:35, respectivamente, para CON, 25DDGS, 30DDGS, and 35DDGS (MS base).
[2]Control vs. 25DDGS (contraste) = efecto de reemplazo de 20% de grano de cebada y 5% de silaje con burlanda de trigo ; linealy cuadrático = Efecto de reemplazo de cebada con burlanda de trigo (DDGS) (25DDGS, 30DDGS, and 35DDGS)
[3]Calculado desde performance animal (Zinn et al., 2002; Gibb et al., 2008).
Tomado de Yang et al., 2012

Cuadro 77 . Composición de dietas de terminación basadas en gluten feed húmedo de maíz (WCGF)

	Cebada, % de MS					Maíz, 35%
Ingrediente	0	17%	35%	52%	69%	
Cebada grano aplastado	81.5	65.2	48.9	32.6	16.3	—
Maíz grano aplastado	—	—	—	—	—	48.9
WCGF	—	17.3	34.6	51.9	69.2	34.6
Subprod concentrado	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	3.0
Pulpa de remolacha	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Heno pastura	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Maíz molido fino	1.5	1.2	0.8	0.5	0.1	1.2
Urea	0.12	0.09	0.06	0.03	—	0.06
Carbonato de calcio	1.6	2.0	2.4	2.7	3.1	2.0
Sal	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Premezcla vit y mineral[1]	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Premezcla c/monensina[2]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Premezcla con tylosina[3]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Premezcla con tiamina[4]	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Composición						
Proteina bruta	12.0	13.7	15.3	17.0	18.6	14.2
Ca	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	0.8
P	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.5
FDN	8.6	9.7	10.8	11.9	13.0	9.2
FDA	25.4	28.9	32.3	35.7	39.2	26.3

[1]Contenía: 9.5% Ca; 2.0% Mg; 43.0 g de Zn/kg; 14.6 g de Cu/kg; 1.60 g de I/kg; 540 mg de Mn/kg; 406 mg de Fe/kg; 322 mg de Co/kg; 17,600 kIU de vitamina A/kg; 1,397 kIU de vitamina D/kg; 7.04 kIU de vitamina E/kg.

[2]Contenia: 176.4 g de monensin/kg de premezcla.

[3] 88.2 g de tylosin/kg de premezcla

[4]919.5 g de thiamina mononitrato/kg de premezcla

Tomado de Loe et al., 2006

Cuadro 78. Efect de las dietas sobre la producción y eficiencia en feedlot de novillos

Item	Cebada aplastada		Maíz aplastado		EEM[2]	Contraste[1]		
	Grueso	Fino	Grueso	Fino		Procesado	Grano	Grano × proceso
Novillos	36	36	36	36	—	—	—	—
Corrales	6	6	6	6	—	—	—	—
PV, kg								
Inicial	314	315	315	316	1.5	0.7	0.58	0.83
Final[3]	596	600	633	647	7	0.22	<0.001	0.51
Consumo MS								
kg/día	9.8	10.3	10.2	10.7	0.3	0.14	0.17	0.96
% de BW	2.16	2.25	2.16	2.22	0.05	0.19	0.81	0.72
APV, kg	1.58	1.6	1.79	1.86	0.04	0.25	<0.001	0.53
Efic, APV/CMS, g/kg	162	156	175	175	3	0.46	<0.001	0.41
ENg,[4] Mcal/kg								
Dietaria	1.34	1.29	1.45	1.45	0.03	0.41	<0.001	0.39
Grano[5]	1.38	1.26	1.63	1.63	—	—	—	—

[1]Probabilidad de contrastes
[2]n = 6.
[3]Calculado de peso de re ÷ 62% rendimiento de res
[4]Calculado para novillos de frame grande, NRC (1984), Larson et al. (1993).
[5]Valores de ENg de granos se calculó por diferencia del grano utilizado en las dietas.
Tomado de Loe et al., 2006

Cuadro 79. Composición de la dieta de novillos

Item	% Gluten feed de maíz			
	0	40	60	80
	Base MS, %			
Ingredient				
Silaje de maíz	15	15	15	15
Grano húmedo de maíz	75	41.1	21.1	-
Gluten feed de maíz		40	60	80
Maíz molido	2.28	1.63	1.31	2.05
Harina de soja	6.1	-	-	-
Limestone	1.2	1.85	2.17	2.53
Sal con minerales traza [a]	0.3	0.3	0.3	0.3
Se, 201 mg Se/kg	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamina A, 30,000 IU/g	0.01	0.01	0.01	0.01
Vitamina D, 3,000 IU/g	0.01	0.01	0.01	0.01
Vitamina E, 44 IU/g	0.03	0.03	0.03	0.03
Monensin [b]	0.02	0.02	0.02	0.02
Composición nutritiva, %				
FDN	20.7	29.6	38.1	45.2
FDA	8.3	10.8	13.1	15.1
Proteina bruta	12.1	13.9	16.6	19.4
Calcio[c]	0.49	0.8	0.96	1.14
Fósforo[c]	0.35	0.52	0.62	0.72
Potasio [c]	0.54	0.55	0.6	0.66

[a]Conteniendo: >93% NaC1, 0.35% Zn, 0.28% Mn, 0.175% Fe, 0.035% Cu, 0.007% I y 0.007% Co.

[b]provided 26.5 mg monensin/kg of feed.

[c]Calculado.

Tomado de Kampman and Loerch, 1989

Cuadro 80. Efecto del nivel de gluten feed de maíz sobre la producción y la digestibilidad en novillos

	% Gluten feed de maíz				
Item	0	40	60	80	SE
Novillos	30	30	30	30	
PV inicial, kg	266	266	266	266	
APV, kg/d	1.1	1.17	1.25	1.1	.04 [a]
Consumo de MS, kg/día	7	7.6	8.8	8.5	.15 [b]
Conv. CMS/APV, kg/kg	6.4	6.5	7	7.7	.15 [b]
	Digestibilidad, %				
Materia seca	69.8	65	66.6	66.4	2.3
FDA	49.2	48.2	45	46.3	1.9
FDA	46.2	41.5	34.3	33.6	1.6 [b]
Proteina bruta	64.3	63.2	71.7	73.1	1.8 [b]

[a]Cuadrático ($P < .05$).

[b]Lineal ($P < .01$).

Tomado de Kampman and Loerch, 1989

Cuadro 81. Composición de las dietas de novillos

Item	% Gluten feed de maíz			
	0	40	60	80
	Materia seca, %			
Ingrediente				
Silaje de maíz	80.0	49.9	29.9	9.9
Maíz molido	8.58	8.28	7.68	7.08
Gluten feed de maíz		40	60	80
Harina de soja	9.9			
Carbonato de calcio	0.4	1.4	2.0	2.6
Fosfato dicálcico	0.7			
Sal con minerales traza[a]	0.3	0.3	0.3	0.3
Se, 201 mg Se/kg	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamina A, 30,000 IU/g	0.01	0.01	0.01	0.01
Vitamina D, 3,000 IU/g	0.01	0.01	0.01	0.01
Vitamina E, 44 IU/g	0.03	0.03	0.03	0.03
Monensin [b]	0.02	0.02	0.02	0.02
Composición nutritiva, %				
FDN	40.8	41.3	37.2	38.5
FDA	21.8	18.7	14	12.6
Proteina bruta	12.6	15.2	19.1	21.03
Calcio[c]	0.55	0.73	0.94	1.15
Fósforo[c]	0.39	0.47	0.6	0.73
Potasio[c]	1.01	0.77	0.7	0.64

[a]Contiene >93% NaCI, 0.35% Zn, 0.28% Mn, 0.175% Fe,0 .035% Cu, 0.007% 1 y 0.007% Co.

[b] 26.5 mg monensin/kg de alimento; Elanco Products Company, Indianapolis, IN.

[c]Calculado (NRC, 1996)

Tomado de Kampman and Loerch, 1989

Cuadro 82. Efectos del nivel de gluten feed de maíz sobre la producción, la digestibilidad y las características de la res de novillos en engorde

	% Gluten feed de maíz				
Item	0	40	60	80	SE
Novillos	30	30	30	30	
PV inicial, kg	367	373	379	367	
APV, kg/día	1.49	1.18	1.15	1.2	.04 [a]
Consumo MS, kg/día	8.4	9.3	9.8	9.2	.23[a]
Conv. CMS/APV, kg/kg	5.6	7.9	8.5	7.7	.30 [b]
	Digestibilidad, %				
Materia seca	78.6	69	64.3	64.5	1.9[b]
FDN	56.8	48.5	51.5	54.6	1.9
FDA	55.1	43.4	42.6	46.5	1.7 [b]
Proteina bruta	71.43	66.1	66.4	69.3	2.4
	Características de la res				
Peso de la res, kg	318	312	311	300	2.70[b]
Rendimiento, %	62.3	64	63.3	62.2	0.5
Area ojo bife, cm^2	78.7	78.7	77.4	77.4	1.29
Grasa pélvico y riñón, %	3.2	3.4	3.5	3.1	0.11
Espesor grasa dorsal, cm	0.3	0.3	0.4	0.4	0.02
USDA grado rendim.	3.8	3.8	4	3.7	0.15
Grado de Calidad [c]	3.6	3.1	3.8	2.9	0.16[d]

[a]Cuadrático ($P < .01$).

[b]Lineal ($P < .01$).

[c]Select = 2, Low Choice = 3, Choice = 4, High Choice, 5.

[d]Cubico ($P < .01$).

Tomado de Kampman and Loerch, 1989

Cuadro 83. Composición de dita y contenido de nutrientes (MS) de las dietas

	Tratamiento[1]			
Item	CON	W9.0	W4.5	W0.0
Ingredientes				
Maíz en copos (flakes)	73.9	45.4	49.0	52.3
Gluten feed húmedo de maíz	—	39.8	39.8	39.8
Alfalfa	9.13	9.17	4.54	—
Harina de semilla de algodón	6.12	—	1.17	2.34
Urea	1.11	—	—	—
Grasa amarilla	3.01	3.15	3.02	3.03
Melasas	4.25	—	—	—
Suplemento control[2,3]	2.52	—	—	—
Suplemento W9.0 [2,4]	—	2.52	—	—
Suplemento W4.5[4]	—	—	2.55	—
Suplemento W0.0 [2,4]	—	—	—	2.57
Composición nutricional				
MS, %	81.76	70.76	70.18	70.15
PB, %	14.65	14.39	14.67	14.84
Ca, %	0.74	0.5	0.54	0.53
P, %	0.34	0.61	0.64	0.66
Ceniza, %	4.95	5.63	5.74	5.35
FDA, %	7.37	8.87	7.13	5.01

[1]CON = control; W9.0 = 40% gluten feed húmedo de maíz (WCGF) con 9% heno de alfalfa; W4.5 = 40% WCGF con 4.5% alfalfa; W0.0 =40% WCGF sin fibra adicional.

[2]Todos los suplementos incluyeron (MS basis): 3.56% Oxidode Mg, 12.00% sal, 0.002% Carbonato de Co, 0.13% Sulfato de Fe, 0.003% dehidroioduro de etilenamida, 0.27% óxido de Mn, 0.10% premezcla de Se (0.2% Se), 0.83% Sulfato de Zn, 0.01% vitamina A (650,000 IU/g; 90% MS), 0.13% vitamina E (275 IU/g; 90% MS), 0.68% Rumensin 80 (Elanco Animal Health, Indianapolis, IN), y 0.36% Tylan 40 (Elanco Animal Health).

[3]Suplemento para CON fotambién incluyó: 23.97% harina de semilla de algodón, 42.11% carbonato de Ca, 1.04% fosfato dicálcico, 8.0% cloruro de K, 6.67% sulfato de amonio, y 0.16% sulfato de Cu.

[4]Suplemento para W9.0 también incluyó: 28.27% sorgo molido, 52.63% carbonato de Ca, y 1.07 Cobre SQM (Quali Tech Inc., Chaska, MN). Suplemento for W4.5 incluyó: 20.34%sorgo molido, 60.63%carbonato de Ca, y 1.07 cobre SQM. Suplemento para W0.0 incluyó: 12.45% sorgo molido, 68.42% carbonato de Ca, y 1.07 cobre SQM polisacárido com-plejo de Cu; Quali Tech Inc.).

Tomado de Parsons et al., 2007

Cuadro 84. Efecto de diferentes niveles de fibra en dietas basadas en gluten feed húmedo de maíz (WCGF) sobre la producción y eficiencia de novillos

	Tratamiento[1]				EEM[3]	Contraste Valor de P[2]		
Item	CON	W9.0	W4.5	W0.0		CON vs WCGF	L	Q
PV inicial, kg	313.9	313.3	314.7	313.8	10.34	0.98	0.86	0.59
PV final, kg	554.0	562.0	557.0	546.1	9.95	0.9	0.04	0.7
PV final ajust.,[4] kg	553.6	562.2	560.5	543.1	9.4	0.84	0.03	0.33
APV, kg								
d 0 to 56	1.52	1.53	1.49	1.53	0.04	0.96	0.97	0.41
d 0 to 112	1.56	1.58	1.56	1.5	0.03	0.66	0.07	0.54
d 0 al final[5]	1.5	1.55	1.51	1.45	0.03	0.82	0.01	0.61
Ajust. d 0 al final[4]	1.49	1.55	1.53	1.43	0.03	0.9	0.01	0.29
CMS, kg/d								
d 0 to 56	6.84	7.19	7	6.82	0.22	0.3	0.07	0.95
d 0 to 112	7.16	6.54	7.38	7.08	0.18	0.17	0.01	0.59
d 0 al final[4]	7.28	7.8	7.6	7.2	0.17	0.04	0.01	0.42
Eficiencia, APV/CMS								
d 0 to 56	0.222	0.214	0.214	0.225	0.005	0.31	0.06	0.24
d 0 to 112	0.219	0.211	0.213	0.213	0.005	0.01	0.46	0.77
d 0 al final[5]	0.206	0.199	0.199	0.201	0.003	0.03	0.46	0.82
Aj. d 0 al final[4]	0.206	0.199	0.202	0.199	0.004	0.08	0.92	0.37

[1]CON = control; W9.0 = 40% gluten feed húmedo de maíz (WCGF) con 9% heno de alfalfa; W4.5 = 40% WCGF con 4.5% alfalfa; W0.0 =40% WCGF sin fibra adicional.
[2]Significancia de contrastes ortogonales: CON vs. WCGF = CON vs. promedio de las 3 dietas con 40% WCGF; L = contraste lienal de dietas con WCGF y diferentes niveles de heno de alfalfa; Q = Efecto cuadrático de dietas conteniendo WCGF y diferentes niveles de heno de alfalfa.
[3]Error estándar de medias, 10 corrales por trt
[4]Valores ajustado por res, y PV final ajust y APV global ajust. fueron calculados como peso de res/ 63.13% y (peso de res/63.13% - PV inicial)/días, respectivamente
Eficiencia Aj. = APV/CMS fue la relación entre APV y CMS y eficiencia ajust. = APV ajustj. d 0 al final/CMS
[5]Todos los novillos fueron alimentados para lograr un similar grado de terminación.Novillos de los bloques 4 a 10 fueron alimentados durante 154 días, novillos de los bloques 1 a 3 por 177 días, resultando en un promedio de 160.9 días en alimento, y un incremento lineal ($P < 0.01$) con reducción del nivel de heno
Tomado de Parsons et al., 2007

Bibliografía

Ainslie, S. J., D. G. Fox, T. C. Perry, D. J. Ketchen y M. C. Barry. 1993. Predicting amino acid adequacy of diets fed to Holstein steers. J. Anim. Sci. 71:1312-1319.

Albro, J. D., D. W. Weber, y T. DelCurto. 1993. Comparison of whole, raw soybeans, extruded soybeans, or soybean meal and barley on digestive characteristics and performance of weaned beef steers consuming mature grass hay. J. Anim. Sci. 71:26–32.

Aldrich, C. G., N. R. Merchen, J. K. Drackley, S. S. Gonzalez, G. C. Fahey, Jr., and L. L. Berger. 1997. The effects of chemical treatment of whole canola seed on lipid and protein digestion by steers. J. Anim. Sci. 75:502–511

Bartle, S.J. y Preston, R.L. 1992. Roughage level and limited maximum intake regimens for feedlot steers. J. Anim. Sci. 70:3293-3303.

Beauchemin, K.A., Yang, W.Z. y Rode, L.M. 2001. Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of feedlot finishing diets. J. Anim. Sci. 7:1925-1936.

Beever, D. E. 1993. Rumen function. In: J. M. Forbes, J. France (Editors). Quantitative Aspets of Ruiminal Digestion and Metabolism. CAB International, Wallingford (UK), pp. 187-215.

Bock, B.J., Brandt, R.T.,Jr., Harmon, D.L., Anderson, S.J., Elliott, J.K., y Avery, T.B. 1991. Mixtures of wheat and high-moisture corn in finishing diets: Feedlot performance and in situ rate of starch digestion in steers. J. Anim. Sci. 69:2703-2710.

Boeto, G.C., O.E. Melo. 1990. Digestión ruminal del almidón en bovinos. I. Efecto del tipo de grano. II. Efecto del tratamiento físico. Informe de beca CONICOR.

Brandt, R. T. y S. J. Anderson. 1990. Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value. J. Anim. Sci. 68:2208–2216.

Brandt, R.T., Jr., Anderson, S.J., y Elliott, J.K. 1988. Mixtures of high moisture corn or steam flaked wheat feor finishing cattle. "Cattle Feeders" Day, Rep. Prog. 555, Kans. Agr. Exp. Stn., Garden City, KS. Pg. 32-34.

Brenttheurer, C. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. J. Anim. Sci. 63:1649-1662.

Britton, R.A., y Stock, R.A. 1986. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: Symposium Proceedings: Feed Intake by Beef Cattle. F. N. Owens, Ed. Okla. Agric. Exp. Stn. MP-121. Pg. 25.

Brown, M.S., Krehbiel, C. R., Galyean, M. L., Remmenga, M. D., Peters, J. P., Hibbard, B., Robinson, J. y Moseley, W. M. 2000a. Evaluation of models of acute and subacute acidosis on dry matter intake, ruminal fermentation, blood chemistry, and endocrine profiles of beef steers. J. Anim. Sci. 78:3155-3168.

Brown, M.S., Krehbiel, C.R., Duff, G.C., Galyean, M.L., Hallford, D.M. y Walker, D.A. 2000b. Effect de degree of corn processing on urinary nitrogen composition, serum metabolite and insulin profiles, and performance by finishing steers. J. Anim. Sci. 78:2464-2474.

Buttrey, E. K., K. H. Jenkins, J. B. Lewis, S. B. Smith, R. K. Miller, T. E. Lawrence, F. T. McCollum III, P. J. Pinedo, N. A. Cole and J. C. MacDonald. 2013. Effects of 35% corn wet distillers grains plus solubles in steam-flaked and dry-rolled corn-based finishing diets on animal performance, carcass characteristics, beef fatty acid composition, and sensory attributes. J. Anim. Sci. 91:1850-1865.

Cardorniga C. y L. D. Satter. 1993. Protein versus energy supplementation of high alfalfa silage diets for early lactation cows. J. Dairy Sci. 76:1972-1977.

Castillo, A. R., E. Kebreab, D. E. Beever, J. H. Barbi , J. D. Sutton, H. C. Kirby, and J. France. 2000. J. Anim. Sci. 79:240-246.

Castillo, A. R., E. Kebreab, D. E. Beever, J. H. Barbi, J. D. Sutto, H. C. Kirby, and J. France. 2000. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. J. Anim. Sci. 79:247-253.

Castro, H., N. Andreo y D. Vottero. 2002. Utilización del silaje de sorgo forrajero azucarado en la terminación a corral de novillos Holando. Rev. Arg. Prod. Anim., 22(1): 36.

Chandrashekar, A. y A. W. Kirleis. 1988. Influence of protein on starch gelatinization in sorghum. Cereal Chem. 65:457-462.

Cheng, K.J., McAllister, T.A., Popp, J.D., Hristov, A.N., Mir, Z. y Shin, H. T. 1998. A review of bloat in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 78:299-308.

Church, D.C. 1988. The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition. Prentice Hall, Englewoods Cliffs, NJ.

Clark, J. H. 1980. Feeding value of high moisture corn for cattle. Pg. 1-11 In: Proc. 41st Minnesota Nutr. Conf., Minneapolis.

Cooper, R.J., C.T. Milton, T.J. Klopfenstein and D.J. Jordon. 2002a. Effect of corn processing on degradable intake protein requirement of finishing cattle. J. Anim. Sci. 80: 242.

Cooper, R.J., Milton, C.T., Klopfenstein, T.J., Scott,T.L., Wilson, C.B., y Mass, R.A. 2002b. Effect of corn processing on starch digestion and bacterial crude protein flow in finishing cattle. J. Anim. Sci. 80:797-804.

Depenbusch, B. E. , E. R. Loe, J. J. Sindt, N. A. Cole, J. J. Higgins and J. S. Drouillard. 2009a. Optimizing use of distillers grains in finishing diets containing steam-flaked corn. J. Anim. Sci. 87:2644-2652.

Depenbusch, B. E., C. M. Coleman, J. J. Higgins and J. S. Drouillard. 2009b. Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. J. Anim. Sci. 87:2653-2663

Depetris, G.J., F.J. Santini, Pavan, E., Villarreal, E.L. y. Rearte, D.H. 2003. Efecto del grano de maíz alto en aceite en el sistema de engorde a corral. Rev. Arg. Prod. Anim., 23(1): 57.

Di Marco, O.N. 1993. Crecimiento y respuesta animal. Ed. AAPA.

Duff, G. C., M. L. Galyean, M. E. Branine, D. M. Hallford, M. E. Hubbert, E. Fredrickson y A. J. Pordomingo. 1990. Effects of continuous versus daily rotational feeding of monensin plus tylosin and lasalocid on serum insulin and growth hormone concentrations in beef steers fed a 90% concentrate diet. Proc. Natl. Amer. Soc. Anim. Sci. 41: 55-58

Elizalde, J.C., C.A. Franchone y V.F. Parra. 2003a. Ganancia de peso y eficiencia de conversión en vaquillonas alimentadas a corral con dietas basadas en cebada y afrechillo de trigo. Rev. Arg. Prod. Anim., 23(1): 54.

Elizalde, J.C., C.A. Franchone y V.F. Parra. 2003b. Ganancia de peso y eficiencia de conversión en vacunos alimentados a corral con dietas basadas en granos de maíz entero, cebada entera o aplastada y afrechillo de trigo. Rev. Arg. Prod. Anim. 23(1): 55.

Elizalde, J.C., W. Paul y C. Franchone. 2002. Consumo y ganancia de peso en vacunos alimentados a corral con dietas basadas en grano de maíz entero o molido y con baja inclusión de forraje. Rev. Arg. Prod. Anim., 22(1): 61.

Erickson, G.E., T. J. Klopfenstein, C. T. Milton, D. Brink, M. W. Orth and K. M. Whittet. 2002. Phosphorus requirement of finishing feedlot calves. J. Anim. Sci. 80:1690-1695.

Erickson, G.E., T.J. Klopfenstein, C. T. Milton, D. Hanson and C. Calkins. 1999. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status, and carcass maturity. J. Anim. Sci. 77:2832-2836.

Eweedah, N., L. Rozsa, J. Gundel, and J. Varhegyi. 1997. Comparison of fullfat soybean, sunflower seed and protected fat as fat supplements for their effect on the performance of growing-finishing bulls and carcass fatty acid composition. Acta Vet. Hung. 45:151–163.

Ewing, D.L., Jhonson, D.E. y Rumpler, W.V. 1986. Corn particle passage and size reduction in the rumen of beef steers. J. Anim. Sci. 63:1509-1515.

Farran, T. B., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, C. N. Macken and R. U. Lindquist 2006. Wet corn gluten feed and alfalfa hay levels in dry-rolled corn finishing diets: Effectson finishing performance and feedlot nitrogen mass balance. J. Anim. Sci. 84:1205-1214.

Felice, G., Pordomingo, A. J., Volpi Lagreca, G. y Juan, R. 2013. Raw soybeans in a whole corn diet for feedlot heifers. J. Anim. Sci. (Abstrs.) Indiana T68.

Felton, E.E.D. y M. S. Kerley. 2004. Performance and carcass quality of steers fed whole raw soybeans at increasing inclusion levels. J. Anim. Sci. 82:725–732

Fluharty, F.L., S. C. Loerch, T.B. Turner, S.J. Moeller y G. D. Lowe. 2000. Effects of weaning age and diet on groth and carcass characteristics in steers. J. Anim. Sci. 78:1759-1767.

Fulton, W.R., Klopfenstein, T.J., y Britton, R.A. 1979. Adaptations to high concentrate diet by beef cattle. I Adpatation to corn and wheat diet. J. Anim. Sci. 49:775-781.

Galyean, M.L. 1999. Review: Restricted and programmed feeding of beef cattle-definitions, applications and reserach results. Prof. Anim Sci. 15:1-6.

Galyean, M.L., Wagner, D.G. y R. R. Jhonson. 1976. Site y extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. J. Anim. Sci. 43:1088-1101.

Ghate, S.R. y Bilansky, W.K. 1981. Preservation of High-Moisture Corn Using Urea. American Society of Agricultural Engineers. 24:1047.

Gross, K.L., D.L. Harmon y Avery, T.B. 1988. Net portal nutrient flux in steers fed diets containing wheat and sorghum grain alone or in combination. J. Anim. Sci. 66:543-551.

Guthrie, M.J., Galyean, M.L., Malcom, K.J., Kloppenburg, J.H. y Wallace, J.D. 1992. Effect of method of corn processing and roughage source on feedlot performance and ruminal fermentation in beef steers. Proc. Western Sec., Amer. Soc. Anim. Sci. 43:19-22.

Harmon, D.L., Lee, R.W., Milliken, G.A. y Avery, T.B. 1987. Effect of wheat and high-moisture sorghum grain fed singly and in combination on ruminal fermentation, solid and liquid flow, site and extent of digestion and feeding performance of cattle.J. Anim. Sci. 64: 897-906.

Hejazi, S., Fluharty, F.L., Perley, J.E., Loerch, S.C. y Lowe, G.D. 1999. Effect of corn processing and dietary fiber source on feedlot performance, visceral organ weight, diet digestibility and nitrogen metabolism in lambs. J. Anim. Sci. 77:507-515.

Herrera-Saldana, R. E., Huber, J. T. y Poore, M. H. 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. J. Dairy Sci. 73:2386-2393.

Herrera-Saldana, R., R. Gomez Alarcón, M. Torabi y J. T. Huber. 1990. Influence on synchronizing protein and starch degradation in the rumen of nutrient utilization and microbial protein synthesis. J. Dairy Sci. 73:142-148.

Hibberd, C.A., Wagner, D.G., Schemm, R.L., Mitchell, Jr., E..D., Weibel, D.E. y Hintz, R.L. 1982. Digestibility characteristics of isolated starch from sorghum and corn grain. J. Anim. Sci. 55:1490-1497.

Hicks, R.B., Owens, F.N., Gill, D.R., Martin, J.J. y Strasia, C.A. 1996. Effects of controlled fed intake on performance and carcass characteristics of feedlot steers and heifers. J. Anim. Sci. 68:233-244.

Hill, W.J., Secrist, D.S., Owens, F. N., Strasia, C.A, Gill, D.R., Basalan, M. y Johnson, A.B. 1996. Effects of trace mineral supplements on performance of feedlot steers. Okla. Agric. Exp. Sta.Misc. Pub. P-951, 153-163.

Hoover, W. H. y S.R. Stokes. 1993. Balancing carbohydrates and proteins for optimun microbial yield. J. Dairy Sci. 74:3630-3644.

Huck, G.L., Kreikemeier, K.K., Kuhl, G.L., Eck T.P. y Bolsen, K.K. 1998. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 76:2984-2990.

Huerta-Leidenz, N. O., H. R. Cross, D. K. Lunt, L. S. Pelton, J. W. Savell, y S. B. Smith. 1991. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. J. Anim. Sci. 69:3665–3672.

Huntington, G.B. 1997. Starch utilization for ruminants: From basics to bunk. J. Anim. Sci. 75:852-867.

Juan, N., A.J. Pordomingo y R. Jouli. 1997. Engorde de vaquillonas a corral con silaje de maíz y heno de alfalfa. Rev. Arg. Prod. Anim. 17(1):280.

Juan, N.A. Pordomingo, A.J. y Jouli, R.R. 1998b. Reemplazo de silaje de grano húmedo de maíz por grano húmedo de sorgo en dietas para engorde. Rev. Arg. Prod. Anim. 18(1):50.

Juan, N.A., Pordomingo, A.J., Velilla, S.M. y Jouli R.R. 1998a. Utilización de grano húmedo de sorgo conservado con urea para engorde de vaquillonas. Rev. Arg. Prod. Anim. 18(1):48.

Kamoman. K. A. y Loerch, S. C. 1989. Effects of dry corn gluten feed on feedlot cattle perfrmance and fiber digestibility. J. Anim. Sci. 67:501-512.

Kauffman, W., Hageneister, H., Dirksen, G. 1980. Adaptation changes in dietary composition, level and frequency of feeding. In: Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants Y. Ruckebusch y Thivend, P., Eds. AVI Publishing, Wesport, CT, USA. p. 587-595.

Kaufmann, W., 1976. Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH regulation in the rumen and on feed intake in ruminant livestock. Prot. Sci. 3:103-108.

Kennelly, J. J., Dalton, D. L. y HA, J. K. 1988. Digestion y utilization of high moisture barley by lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 71:1259-1266.

Kent, F., Pordomingo, A.J. y Jouli, R. 2011. Efecto del tipo de sorgo sobre la performance animals en dietas basadas en silaje. Rev. Arg. Prod. Anim. 31(1):313.

Kincaid, R. 1988. Macro-elements for ruminants. In: The Ruminant Animal. Digestive physiology and nutrition. D. C. Church (Ed.). Prentice Hall. Englewood Cliffs, NY,

Knaus, W. F., D. H. Beermann, T. F. Robinson, D. G. Fox y K. D. Finnerty. 1998. Effects of dietary mixture of meat and bone meal, feather meal, blood meal, and fish meal on nitrogen utilization in finishing Holstein steers. J. Anim. Sci. 76:1481-1487.

Koenig, K. M. and K. A. Beauchemin. 2013a. Nitrogen metabolism and route of excretion in beef feedlot cattle fed barley-based finishing diets varying in protein concentration and rumen degradability. J. Anim. Sci. 91:2310-2320.

Koenig, K. M. and K. A. Beauchemin. 2013b. Nitrogen metabolism and route of excretion in beef feedlot cattle fed barley-based backgrounding diets varying in protein concentration and rumen degradability. J. Anim. Sci. 91:2295-2309.

Kreikemeier, K.K., Harmon, D.L., Brandt, R.T., Jr., Nagaraja, T.G. y Cochran, R.C. 1990. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: Effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. J. Anim. Sci. 68:2130-2141.

Kreikemeier, K.K., Stock, R.A., Brink, D.R. y Britton, R.A. 1987. Feeding combinations of dry corn and wheat to finishing lambs and cattle. J. Anim. Sci. 65:1647-1651.

Lee, J., P. M. Harris, B. R. Sinclair y B. P Treloar. 1992. The effect of condensed tannin containing diets on whole body amino acid utilization in Rommey sheep: Consequences for wool growth. Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 52:243-245.

Lee, R. W., Galyean, M. L. y Lofgreen, G. P. 1982. Effects of mixing whole, shelled and steam-flaked corn in finishing diets on feedlot performance and site and extent of digestion in beef steers. J. Anim. Sci. 55:475-485.

Loerch, S.C. y Berger, L.L. 1980. Protein solubility and in-situ protein disappearance as affected by pH and ration energy level. J. Anim. Sci. 50(1):377-382.

Loerch, S.C. y Fluharty, F.L. 1998a. Effects of corn processing, dietary roughage level, and timing of roughage inclusion on performance of feedlot steers. J. Anim. Sci. 76:681-685.

Loerch, S.C., y Fluharty F.L. 1998b. Effects of programming intake on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. J. Anim. Sci. 76:371-377.

Lyle, R.R., Johnson, R.R., Wilhite, J.V. y Backus, W.R. 1981. Ruminal characteristics in steers as affected by adaptation from forage to all concentrate diets. J. Anim. Sci. 53:1383-.

Mabuku, O., Hatendi, P.R. y Medlinah, M. 1996. Effect of feeding different mixtures of whole to milled maize grain in a complete diet on feedlot performance of steers. Zimbabwe J. Agric. Res. 34:87-95.

Macken, C. N., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein and R. A. Stock Effects of concentration and composition of wet corn gluten feed in steam-flaked corn-based finishing diets. 2004. J. Anim. Sci. 82:2718-2723.

MacRae, J.E. y Amstrong, D.G. 1968. Enzime method for determination of alpha-linked glucose polimers in biological materials. J. Sci. Food Agric. 19:578.

Mader, T.L., Poppert, G.L. y Stock, R.A. 1993. Evaluation of alfalfa type as a roughage source in feedlot adaptation and finishing diets containing different corn types. Animal Feed Sci. and Tech. 42:109-119.

Maresca, S., F.J. Santini, E. Pavan, Elizalde J.C. y G. Eyherabide. 2003. Efecto del nivel de forraje en la dieta sobre la utilización del grano de maíz entero en bovinos de diferentes edades. Rev. Arg. Prod. Anim., 23(1): 38.

Maresca, S., Santini, F.J. y Paván, E. 2002. Comportamiento productivo de terneras alimentadas a corral con grano de maíz entero y partido. Rev. Arg. Prod. Anim. 22:163-168.

May, M. L., J. C. DeClerck, M. J. Quinn, N. DiLorenzo, J. Leibovich, D. R. Smith, K. E. Hales and M. L. Galyean. 2010. Corn or sorghum wet distillers grains with solubles in combination with steam-flaked corn: Feedlot cattle performance, carcass characteristics, and apparent total tract digestibility. J. Anim. Sci. 88:2433-2443.

McCollough, R. L. y Brent, B. E. 1972. Digestibility of eight hybrid sorghum grains and three hybrid corns. Kansas Agric. Exp. Sta. Bull. 557:27.

McNeill, J.W., Potter, G.D. y Riggs, J. K. 1976. Ruminal and pos-ruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. J. Anim. Sci. 33:1371-1388.

Meissner, et al. 1992. Effect of level and degradation of dietary protein on performance of feedlot steers. J. Anim. Sci. 22:4.

Meyer, N. F, G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, J. R. Benton, M. K. Luebbe and S. B. Laudert. 2013. Effects of monensin and tylosin in finishing diets containing corn wet distillers grains with solubles with differing corn processing methods. J Anim. Sci 91:2219-2228.

Morgan, C.A. y Campling, R.C. 1978. Digestibility of whole barley and oat grains by cattle of different ages. Anim. Prod. 27:323-329.

Mueller, J. C., Blalock, H. M. y Pritchard, R. H. 2011. Use of soybean hulls as a replacement for dry rolled corn in beef cattle feedlot receiving diets. J. Anim. Sci. 89:4142-4150.

Murphy, T.A. y Loerch, S.C. 1994. Effects of restricted feeding of growing steers on performance, carcass, characteristics, and composition. J. Anim. Sci. 72:2497-2507.

Murphy, T.A., Fluharty, F.L. y Loerch, S.C. 1994a. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fes all-concentrate diets. J. Anim. Sci. 72:1608-1615.

Murphy, T.A., Loerch, S.C. y Dehority, B.A. 1994b. The influence of restricted feeding on site and extent of digestion and flow of nitrogenous compounds to the duodenum in steers. J. Anim. Sci. 72:2487-2496.

Nocek, J. E. y Tamminga, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk yield and composition. J. Dairy Sci. 74:3598-3629.

NRC, 2000. Nutrient Requirement for Beef Cattle (8th) Ed. National Academy Press. Washington, DC.

NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, D.C.

Orskov, E. R., Mayes R. W. y Penn, A. 1971. The capacity for thew removal of glucose from the small intestine by mature sheep. Proc. Nutr. Soc. 30:43A.

Owens, F. N., Secrist, D., Hill, J., Gill, D. 1996. A new look at acidosis. In: Proc. Southwest Nutrition and Management Conf. University of Arizona, Tucson. Pp 1-16.

Owens, F.N., Zin, R.A. y Kim, Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. J. Anim. Sci. 63:1634-1652.

Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. y Gill, D.R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. J. Anim. Sci. 75:868-879.

Parra, V.F., J.C. Elizalde y G.A. Duarte. 2002. Resultados de engordes a corral de vacunos en diferentes sistemas de producción de carne. Rev. Arg. Prod. Anim., 22(1): 60.

Perry, T.W. 1976. The feeding value of high-moisture grains for beef cattle. High Moisture Grains Symp. Oklahoma State Univ., Stillwater.

Petit, H. L. y G. F. Tremblay, 1995. Ruminal fermentation and digestion in lactating cows fed grass silage with protein and energy supplements. J. Dairy Sci. 78:342-352.

Philippeau, C., C. Martin y B. Michalet-Doreau. 1999a. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. J. Anim. Sci. 77:1587-1596.

Philippeau, C., F. Le Deschault de Monredon, y B. Michalet-Doreau. 1999b. Relationships between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. J. Anim. Sci. 77:238-243.

Pordomingo, A. J., Pordomingo, A. B. y Volpi Lagreca, G .2007a. Efecto del uso de cebada en dietas de engorde en confinamiento de terneras para carne. Rev. Arg. Prod. Anim. 27(1):80-81.

Pordomingo, A. J., Pordomingo, A. B., Miranda, A. y Juan, N. 2007b. Efecto del uso de afrechillo de trigo en dieta basada en grano entero en engorde de terneros. Rev. Arg. Prod. Anim. 27(1):85-86.

Pordomingo, A. J., Kent, F., Jouli, R. y Felice, G. 2012. Sustitución de silaje de maiz por grano de maiz en dietas de feedlot. Rev. Arg. Prod. Anim. 32(1) 344.

Pordomingo, A. J., Volpi Lagreca, G., Stefanazzi, I.N. y Pordomingo, A.B. 2007c. Inclusión de taninos, monensina y soja cruda en dietas de grano entero en engorde de vaquillonas a corral. Rev. Arg. Prod. Anim. 27(1): 81-83.

Pordomingo, A.J. 2002. La edad al destete, la fuente y el nivel de fibra en la dieta del ternero de destete precoz. Rev. Arg. Prod. Anim. 22:1-13

Pordomingo, A.J. 1990. Effects of daily and weekly rotations of lasalocid and monensin plus tylosin compared with continuous feeding of ionophores on ruminal fermentation in beef steers fed a 90% concentrate diet. PhD Dissertation, New Mexico State Univ. USA pp. 1-12.

Pordomingo, A.J. y G. Volpi Lagreca. 2004. Efectos de la concentración vitamínica y mineral de la dieta, el enriquecimiento con metionina y la presentación del grano de maíz sobre el crecimiento de terneros destetados precozmente y alimentados a corral con dietas de alta energía. Rev. Arg. Prod. Anim. 24(1):65.

Pordomingo, A.J. y Juan, N. A. 2000. Grano húmedo de sorgo conservado con urea: Efecto del partido sobre su potencial de engorde. Rev. Arg. Prod. Anim. 20(1):91.

Pordomingo, A.J., Jonas, O., Adra, M., Santucho, G., Juan, N.A. y Azcárate, M.P. 2002a. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, en engorde a corral. RIA 31:1-22.

Pordomingo, A.J., Galyean, M. E., Branine, M. E. and Freeman, A.S. 1999a. Effects of daily and weekly rotations of lasalocid and monensin plus tylosin compared with continuous feeding of each ionophore on daily dry matter intake and digesta kinetics. Rev. Arg. Prod. Anim. 19:383 – 390.

Pordomingo, A.J., Galyean, M. E., Branine, M. E. y Freeman, A.S. 1999b. Effects of daily and weekly rotations of lasalocid and monensin plus tylosin compared with continuous feeding of ionophores on ruminal fermentation. Rev. Arg. Prod. Anim. 19:362-382

Pordomingo, A.J., Jonas, O., Orroño, R., Juan, N.A. y Azcárate, M.P. 2002c. Efecto de la humedad del grano y el agregado de urea sobre la conservación alcalina del maiz. Rev. Arg. Prod. Anim. 22(1):84

Pordomingo, A.J., Juan, N.A. y Azcarate, P. 2002b. Grano de maíz húmedo conservado con urea en dietas de engorde a corral. Rev. Arg. Prod. Anim. 22:101-113

Pordomingo, A.J., N.A. Juan y M.P. Azcarate. 2003. .Effect of condensed-tannins addition to a corn-sunflower meal based feedlot diet. J. Anim. Sci. 81(1):215.

Pordomingo, A.J., Pordomingo, A.B. y Lernoud, P. 2011. Sustitución de maíz aplastado por cebada aplastada en dietas para engorde de novillos a corral. Rev. Arg. Prod. Anim. 31(1):314.

Pordomingo, A.J., Volpi Lagreca, G., Orienti, W. y Welsh, R. 2004. Evaluación del agregado de taninos en dietas de distinto nivel energético en vaquillonas para carne. Rev. Arg. Prod. Anim. 24(1):67.

Raun, A.P., Cooley, C.O., Potter, E.L., Rathemacher, R.P. y Richardson, L.F. 1976. Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. J. Anim. Sci. 43-670-

Reinhardt, C.D., Brandt, R.T. Jr., Eck, T.P. y Titgemeyer, E.C. 1998. Performance, digestion and mastication efficiency of Holstein steers fed whole or processed corn in limit- or full-fed growing-finishing systems. J. Anim. Sci. 76:1778-1788.

Rooney, L. W. y Pflugfelder, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn, J. Anim. Sci. 63:1607-1609.

Rossi, J.E., Loerch, S.C. y Fluharty, F.L. 2000. Effects of crude protein concentration in diets of feedlot steers fed to achieve stepwise increases in rate of gain. J. Anim. Sci. 78:3036-3044.

Russell, J R., Young A.W. y Jorgensen, N. A. 1981. Effect of dietary cornstarch intake on pancreatic amylase, intestinal maltase and pH in cattle. J. Anim. Sci. 52:1177-1196.

Russell, J. B y Rychlik. 2001. Factors that alter rumen microbiology. Science. 292:2679-2692.

Russell, W. y Schmidt, S.P. 1993. Preservation of High-Moisture Sorghum Grain with Urea and Evaluation in Cattle Feeding. West Virginia University & Auburn University. 18-th Biennial Grain Sorghum Research and Utilization Conference, 9 pp.

Russell, W., Lin, J.C.M., Thomas, E.E. y Mora, E. C. 1988. Preservation of high-moisture milo with urea: grain properties and animal acceptability. J. Anim. Sci. 66:2131.

Sainz, M.L., De la Torre, F., y Oltjen, J. W. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and reved beef steers. J. Anim. Sci. 73:2971-2979.

Santini, F. J. y E. Pavan. 2002. Alimentación a corral. Del silaje al grano de maíz. IDIA XXI, Nº2, 30-34.

Santini, F.J. y Di Marco, O.N. 1983. Monensina. Modo de acción y su efecto sobre el comportamiento productivo del animal. Rev. Arg. Prod. Anim. 3:345-

Santini, F.J., Villarreal, E.L. Pavan, E. y Grigera, J.M. 2003. Características productivas de novillos de diferente tamaño estructural engordados a corral con dietas de diferente concentración energética. Rev. Arg. Prod. Anim., 23(1): 48.

Schoonmaker, J. P., A. H. Trenkle and D. C. Beitz. 2010. Effect of feeding wet distillers grains on performance, marbling deposition, and fatty acid content of beef from steers fed low- or high-forage diets. J. Anim. Sci. 88:3657-3665.

Secrist, D.S., Hill, W.J., Owens, F.N., Gill, D.R. y Welty, S.D. 1996a. Rolled or whole corn for feedlot steers being limit-or ad libitum-fed. Okla. Agric. Exp. Sta.Misc. Pub.. P-951, 173-180.

Secrist, D.S., Owens, F.N., Hill, W.J. y Welty, S.D. 1996b. Rolled versus whole corn: Effects on ruminal fermentation of feedlot steers. Okla. Agric. Exp. Sta.Misc. Pub. P-951, 181-188.

Segers, J. R., A. M. Stelzleni, T. D. Pringle, M. A. Froetschel, C. L. Ross and R. L. Stewart, Jr. 2013. Use of corn gluten feed and dried distillers grains plus solubles as a replacement for soybean meal and corn for supplementation in a corn silage-based stocker system. J. Anim. Sci. 91:950-956.

Sinclair, L. A., P. C. Garnsworthy, J. R. Newbold y P. J. Buttery. 1995. Effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release in diets with a similar carbohydrate composition on the rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. J. Agric. Sci. 124:463-472.

Sip, M.L. y Pritchard, R. H. 1991. Nitrogen utilization by ruminants during restricted intake of high-concentrate diets. J. Anim. Sci. 69:2655-2662.

Smith, S. B., y J. D. Crouse. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenisis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. J. Nutr. 114:792–800.

Spears, J.W., Hatfield, E.E. y Clark, J.H. 1980. Influence of formaldehyde treatment of soybean meal on performance of growing steers and protein availability in the chick. J. Anim. Sci. 62:521-526.

Steen, R.W.J. y D.J. Kilpatrick. 2000. The effects of the ratio of grass silage to concentrates in the diet and restricted dry matter intake on the performance and carcass composition of beef cattle Livestock Prod. Sci. 62:181-192.

Stern, M.D., G. A. Varga, J. H. Clark, J.L. Firkins, J.T. Huber y D. L. Palmquist. 1994. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. J. Dairy Sci. 69:2734-2739.

Stock R. A., Brink, D. R., Britton R. A., Goedeken, F. K., Sindt, M. H. Kkreikemeier, K. K., Bauer, M. L. y Smith, K. K. 1987a. Feeding combinations of high moiture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. J. Anim. Sci. 65:290-302.

Stock, R., N. Merchen, T. Klopfenstein y M. Poos. 1989. Feeding value of slowly degraded proteins. J. Anim. Sci. 53:1109-1119.

Stock, R.A., Brink, D. R., Brandt, R.T., Merrill, J.K. y Smith, K.K. 1987b. Feeding combinations of high moisture corn and dry corn to finishing cattle. J. Anim. Sci. 65:282-289.

Stock, R.A., Klopfenstein, T. y Shain, D. 1995. Feed intake variation. Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ. P-942:56-59.

Storry, J. E. and J. D. Sutton. 1969. The effect of change from low roughage to high roughage diets on rumen fermentation, blood composition and milk fat secretion in the cow. British J. Nutr. 23:511-518.

Streeter, M.N., Wagner, D.G., Owens, F.N. y Hibberd, C.A. 1989. Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: Effects on site and extent of digestion in beef heifers. J. Anim. Sci. 67:1623-1633.

Surber, L.M.N. y Bowman, J.G.P. 1998. Monensin effects on digestion of corn or barley high-concentrate diets. J. Anim. Sci. 76:1945-1954.

Swanson, K.C., Richards, C.J. y Harmon, D.L. 2002. Influence of abomasal infusion of glucose or partially hydrolyzed starch on pancreatic exocrine secretion in beef steers. J. Anim. Sci. 8:1112-1116.

Swingle, R.S., Eck, T.P., Theurer, C.B. De la Plata, M., Poore, M. H. y Moore, J. A. 1999. Flake density of steam-processed sorghum grain alters peformance and sites of digestibility by growing-finishing steers. J. Anim. Sci. 77:1055-1065.

Swingle, S. 1995. Effect of roughage level and type on intake and performance of feedlot cattle. Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Pub. P-942:257.

Theurer, C.B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. J. Anim. Sci. 63:1624-1643.

Theurer, C.B., Swingle, R.S., Wanderley, R.C., Kattnig, R.M., Urias, A. and Ghenniwa, G. 1999. Sorghum grain flake and source of roughage in feedlot cattle diets. J. Anim. Sci. 77:1066-1073.

Titgemeyer, E. C., N. R. Merchen, y L. L. Berger. 1989. Evaluation of soybean meal, corn gluten meal, blood meal and fish meal as sources of nitrogen and amino acids disappearing from the small intestine of steers. J. Anim. Sci. 67:262-275.

Turgeon, O.A., Brink, D.R. y Briton, R.A. 1988. Corn particle size mixture roughage level and starch utilization in finishing steer diets. J. Anim. Sci. 57:739.

Utley, P. R., R. E. Hellwig, J. L. Butler and W. C. McCormick 1973. Comparison of Unground, Ground and Pelleted Peanut Hulls as Roughage Sources in Steer Finishing Diets. J. Anim. Sci. 37:608-611.

Uwituze, S., G. L. Parsons, M. K. Shelor, B. E. Depenbusch, K. K. Karges, M. L. Gibson, C. D. Reinhardt, J. J. Higgins and J. S. Drouillard. 2010. Evaluation of dried distillers grains and roughage source in steam-flaked corn finishing diets. J. Anim. Sci. 88:258-274.

Vander Pol, K. J., M. K. Luebbe, G. I. Crawford, G. E. Erickson,3 and T. J. Klopfenstein. 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. J. Anim. Sci. 87:639–652

Volpi Lagreca, G., Alende , M., Pordomingo, A. J. 2010. Efecto de la sustitución de harina de girasol por urea en dietas basadas en silaje de planta entera de sorgo en engorde de terminación de novillos. Rev. Arg. Prod. Anim. 30(1): 491-492.

Waldo, D. R. 1973. Extent and partition of cereal grains starch digestion in ruminants. J. Anim. Sci. 37:1062-1083.

Waldo, D.R. 1976. Effects of buffers on ruminal acids. In: Buffers in ruminants. J. Anim. Sci. 37:1062-1068.

Wang, Y., Creer, D. y McAllister, T.A. 2003. Effects of moisture, roller setting, and saponin-based surfactant on barley processing, ruminal degradation of barley, and growth performance by feedlot steers. J. Anim. Sci. 81:2145-2154.

Wessels, R. H., y Titgemeyer, E.C. 1997. Protein requirements of growing steers limit-fed corn-based diets. J. Anim. Sci. 75:3278-3286.

Wierenga, K. T., T. A. McAllister, D. J. Gibb, A. V. Chaves, E. K. Okine, K. A. Beauchemin and M. Oba 2010. Evaluation of triticale dried distillers grains with solubles as a substitute for barley grain and barley silage in feedlot finishing diets, J. Anim. Sci. 88:3018-3029.

Yang, W. Z., Y. L. Li, T. A. McAllister,* J. J. McKinnon and K. A. Beauchemin. 2012. Wheat distillers grains in feedlot cattle diets: Feeding behavior, 1,2 growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. J. Anim. Sci. 90:1301–1310.

Zin, R.A. y Owens, F.N. 1983. Influence of feed intake level on site of digestion in steers fen a high concentrate diet. J. Anim. Sci. 56:471.

3. Diseño

La gestión del feedlot afecta a la producción, a las personas y al ambiente. Las experiencias de encierres prolongados indican que si un planteo de alimentación en confinamiento en Argentina supera los 300 animales, el diseño de los corrales y de todo el movimiento alrededor, tanto del alimento como de los efluentes es conveniente que sea pensado previamente, planificado y diseñado. En particular, imaginar el escenario y las soluciones ante inclemencias climáticas persistentes como lluvias y vientos.

El sitio y los corrales

La ubicación del sitio y el posterior diseño de las instalaciones requieren de varias definiciones previas que en primer lugar involucran a la escala (cantidad de animales) y en segundo lugar a la hidrología de lugar y sus eventuales externalidades (efectos posibles sobre el agua, el aire y aspectos sociales o culturales; ej. proximidad a centros urbanos, paisajes, etc.). El sitio debe permitir la ubicación del sistema de contención y tratamiento de efluentes. Se debe contar con espacios para la construcción de los canales colectores y las lagunas de decantación, evaporación y almacenamiento de efluentes, y de sectores para el apilado del estiércol. Sería conveniente que el sitio ofrezca una superficie adicional para utilizar los efluentes líquidos recolectados en riego (por gravedad o por bombeo). El área para riego deberá contar con un tamaño mínimo de acuerdo a la escala del feedlot y las condiciones ambientales y edáficas. Entre los aspectos centrales a tener en cuenta para la ubicación y diseño de las instalaciones se deben considerar: a) el régimen hídrico, la profundidad a la primera napa, la tectura del suelo y la topografía de la región, b) proximidad a recursos hídricos superficiales y áreas sensibles, y c) incidencia de los vientos.

Régimen hídrico, suelos y topografía

Son preferibles regiones de baja precipitación anual y de lluvias de baja intensidad. En regiones de 600 mm o menos la evaporación anual es altamente eficiente para reducir los volúmenes de líquidos efluentes del área del feedlot. La estructura de manejo de efluentes resulta más simple que en regiones con precipitaciones mayores, pudiendo plantearse sistemas aeróbicos solamente. Por encima de los 1200 mm anuales, el manejo de efluentes se torna complejo y poco factible. En las regiones con precipitaciones intermedias (entre 800 y 1200 mm) la instalación es más factible, pero debería tenerse en cuenta la magnitud de las mismas en años húmedos y dimensionar el sistema.

Se recomienda ubicar el feedlot en sitios con baja probabilidad de anegamiento natural, por combinación de buen drenaje natural y muy baja probabilidad de precipitaciones intensas. Se sugiere como de baja vulnerabilidad a los sitios donde el anegamiento es improbable o su probabilidad sea inferior a 1 evento cada 50 años. Una probabilidad de un evento cada 20 a 50 años sería aceptable si el diseño contempla el manejo de tal situación en su estructura de contención de flujo de líquidos. Un sitio con probabilidad de anegarse cada 20 años o menos no sería recomendable.

La profundidad mínima de la freática es un componente discriminante a nivel de sitio. La tecnología de acondicionamiento de suelos y la manipulación de la escala (concentraciones bajas de animales) permite reducir la tasa de infiltración y lixivación de nutrientes pero en corrales con piso de tierra, conveniente descartar sitios con profundidades inferiores a 1 m a la primera capa de agua, dado los riesgos de contaminación a los que se expone al lugar. En suelos poco profundos, sin un horizonte petrocálcico u otro impedimento a la infiltración es imposible en la práctica controlar y evitar el enriquecimiento de la napa con nitrógeno (en sus diversas formas) y azufre.

El sitio de contención del escurrimiento no debería ser un bajo sin salida, sino un sector donde el almacenamiento tiene posibilidad de desborde en una dirección que no comprometa a sectores sensibles o recursos hídricos. La instalación en lugares bajos o inundables debería ser desestimada por el riesgo de la acumulación de efluentes, el anegamiento y la contaminación de napas.

Proximidad a recursos hídricos superficiales y otras áreas sensibles

El escurrimiento superficial puede contaminar cuencas hídricas. Se sugieren distancias de al menos 1 km, aunque la calidad del suelo, el tamaño del feedlot, la cantidad e intensidad de las precipitaciones y las pendientes son variables a tener en cuenta. Para incrementar el margen de seguridad, particularmente en regiones con pendientes pronunciadas y suelos de escasa retención hídrica sería conveniente superar los 2 km de distancia en feedlots de hasta 5000 animales y los 5 km para los de mayor capacidad.

Se sugieren distancias superiores a los 8 km para evitar conflictos con centros urbanos, áreas recreativas o rutas de alto tránsito debido a olores y polvos. El riesgo es considerado alto y de ubicación no recomendable cuando las distancias son inferiores a 5 km. A esas distancias, las alternativas prácticas para la remediación de efectos o para la adecuación de instalaciones resultarían insuficientes. Distancias entre 8 y 5 km pueden considerarse aceptables cuando se incluyan estrategias de minimización de emisiones (particularmente suelos secos) en áreas de bajo riesgo (regiones secas) y no se arriesguen recursos hídricos superficiales o sub-superficiales.

La distancia a vías de alto tránsito está asociada a la seguridad pública y al concepto de paisaje. Los movimientos de animales y camiones próximos a una ruta incrementan los riesgos de accidentes por imprevistos o distracciones. La implantación de cortinas forestales se sugiere frecuentemente para reducir la vista de corrales muy expuestos sobre rutas, pero la mejor opción es la instalación del feedlot a una distancia prudencial de las rutas asfaltadas, sugerida de al menos de 3 km. Distancias menores deberían contemplar estrategias para mejorar la imagen y la seguridad ante los movimientos e imprevistos (escape de animales, accidentes de camiones, dsitracciones).

Incidencia de vientos

La producción de olores desagradables en el feedlot puede reducirse pero es imposible de eliminar. La ubicación dependerá del sentido de los vientos predominantes y su frecuencia, pero se recomienda que se mantenga una distancia de al menos 5 km desde poblaciones urbanas y 1 km desde cascos de campo. El sentido deberá permitir que los vientos mas frecuentes alejen los olores de los centros poblados. Se recomienda también que se implanten cortinas forestales en la periferia del feedlot, particularmente del lado de las poblaciones para desacelerar el movimiento de vientos en esa dirección.

En feedlots instalados en climas secos, el movimiento permanente de los animales remueve suelo en sectores de poca compactación, El movimiento de polvo pueden ser una molestia intolerable y hasta poner en riesgo la salud de personas y animales. Para reducirlo es conveniente limpiar los corrales. El riego por aspersión de corrales es también eficiente e incluso para ayudar a bajar la temperatura corporal de los animales en días de mucho calor.

Los bovinos son más eficientes para producir carne o leche en climas templados y secos que en climas cálidos y húmedos (Church, 1988). Están más preparados para adaptarse al frío que al calor. Por ello, de tener elección, en el mundo la instalación de feedlots de gran escala ocurre en climas templados a templado fríos y semiáridos o áridos. Además, de ser posible, el grueso del engorde debería ocurrir durante los meses de otoño, invierno y primavera,

tratando de reducir el tamaño de los encierres en verano. En regiones subtropicales y tropicales también se realizan engordes a corral pero la adecuación a las condiciones ambientales exige de mayores costos e impone menor eficiencia económica.

Los sistemas e instalaciones son diversos. En lugares con poco espacio y proximidad a áreas pobladas o de alta fragilidad ambiental, los corrales se diseñan dentro de galpones, con pisos de cemento acanalados y recolección de liquidos subsuperficial con lavado diario, y con recolección en piletas para su tratamiento y digestión. Estos planteos asignan entre 3 y 4 m2 por animal y requieren de cama de paja, cuya remoción es semanal. El costo y características de esos sistemas los hace poco competitivos en Argentina. Como alternativa, los diseños utilizados son de menor infrastructura y se basan en pisos de tierra compactada y mayor superficie por animal, localizados genralmente en ambientes más secos. Los sistemas con corrales de piso de tierra han proliferado en los principales países productores de carne (EEUU, Canada, Brasil y Australia). Este es el tipo de estructura de feedlot en la que se centra esta publicación.

En la elección del sitio en el predio sería conveniente considerar primero las posibilidades de captura de efluentes, drenaje y la colección de efluentes hacia lagunas de decantación y de almacenamiento de efluentes, particularmente en regiones de buena precipitación, o en uso inmediato en riego de superficies que operan de ¨filtros verdes¨, diseñadas para evapotranspirar el agua y absorver en biomasa la mayor cantidad de nutrientes (contaminantes) posible. Luego se procede al diseño espacial de los corrales.

Las pendientes y el piso

Sería conveniente que en el sector elegido el piso sea de buena compactación o compactable por los animales, en un lugar elevado, con buen drenaje. La pendiente general debería no superar el 4 % en el sentido opuesto a la ubicación del comedero y no ser menor del 2% para que el agua de lluvia y excrementos líquidos tenga una salida rápida del corral. Ello evitará el encharcamiento y el anegamiento. Debe particularmente protegerse el área próxima al comedero incrementando incluso la pendiente en ese sector si existe el riesgo de lluvias frecuentes o de alta intensidad. Pendientes inferiores al 2% exigen de alomados en los corrales y remodelado del terreno, alomado en dormideros, para dirigir el escurrimiento y ofrecer sectores altos a los animales. Pendientes superiores al 4% pueden exponer al escurrimiento descontrolado y a la erosión hídrica ante precipitaciones intensas (Nienaber et al., 1974).

El suelo debería se el más firme posible para que los efluentes líquidos movilizados por la lluvia no infiltren o infiltren poco. En primer lugar la infiltración provoca anegamientos y compromete el espacio disponible para el animal, dificulta el movimiento de los animales y expone a afecciones de patas y de prepucio por estar en contacto con ese medio húmedo y sucio permanentemente. El anegamiento afecta además al consumo y a la eficiencia de conversión. Los animales comen menos y convierten ineficientemente debido a la dificultad y gasto energético para moverse en un medio anegado. En segundo lugar, la infiltración genera lixiviación de contaminantes, transporta elementos excretados en las heces y orina, como el nitrógeno, el azufre, el magnesio, el sodio y en potasio, y se corre el riesgo de contaminar las aguas subterráneas. Es mejor controlar y poder dirigir los efluentes a sitios de evaporación y definir su uso posterior.

Tampoco serían indicadas las superficies demasiado duras como los pisos de cemento o muy endurecidos con piedra o tosca por sus efectos sobre el animal. Las superficies muy pedregosas resultan frecuentemente en patas lastimadas, heridas, problemas de articulaciones de las patas y limitaciones al movimiento. Ese tipo de superficies demandará la inclusión de camas de fibra (henos y pajas) con el consecuente problema de la remosión de ese material.

Se recomienda que los corrales, donde los animales pasan todo su tiempo y son alimentados, tengan un espacio mínimo de 15 a 20 m^2 por animal para que el confinamiento no

los incomode. Superficies mayores no generarían inconvenientes (hasta 40 m^2), sin embargo corrales muy grandes exponen a un mayor movimiento y también al desperdicio de superficies. Los corrales de encierre permanente deberían planearse para tamaños de lotes no mayores de 250 animales livianos (novillitos o vaquillonas) y no más de 200 novillos grandes en terminación. Cantidades mayores exponen a problemas de comportamiento grupal, se complica la homogeneidad del consumo y el manejo o extracción selectiva de animales.

Es muy importante armar lotes parejos. De poder planearse la forma, se sugiere que los corrales sean de 60 m de frente por 50 o 60 m de fondo. Ese diseño rectangular o cuadrado de los corrales no es sin embargo una condición excluyente de otros diseños ajustados a la topografía, pudiendo los corrales tomar formas diversas, adecuados a la pendientes siempre que se respete el espacio mínimo necesario de comedero por animal.

Los comederos

Los 60 m de frente de cada corral permiten ubicar el comedero en ese frente, contando con 30 cm de espacio de comedero por animal para un número de 200 a 250 animales. Ese frente mínimo permite que entre el 65 el 75% de los animales tengan acceso simultáneo a los comederos. No sería necesario tener espacio para el 100% de los animales en forma simultánea, ya que no todos intentarán comer al mismo tiempo (a diferencia de la suplementación en pastoreo).

Por motivos de higiene, protección del piso y de funcionalidad en la distribución es importante que los comederos estén sobre uno de los lados del corral y no dentro del mismo. Aunque ello imposibilita que ambos lados del comedero puedan ser utilizados por el animal y exige de una mayor longitud de comedero, los aspectos prácticos de la alimentación lo justifican. Es necesario que los carros de alimentación, mixers o camiones de distribución alimenten de la forma más limpia posible, permanezcan siempre limpios y no sean expuestos a la contaminación con efluentes o excrementos para evitar el traslado o transmisión de enfermedades, contaminaciones, o comprometer la palatabilidad del alimento. En planteos precarios o transitorios, donde se alimenta dentro del corrales, el tractor y mixer han sido el principal factor de destrucción de piso, anegamientos y complicaciones en el acceso de los animales a los comederos, incluso responsables de accidentes con los animales o con los comederos (golpes, quebraduras de patas y costillas, etc.).

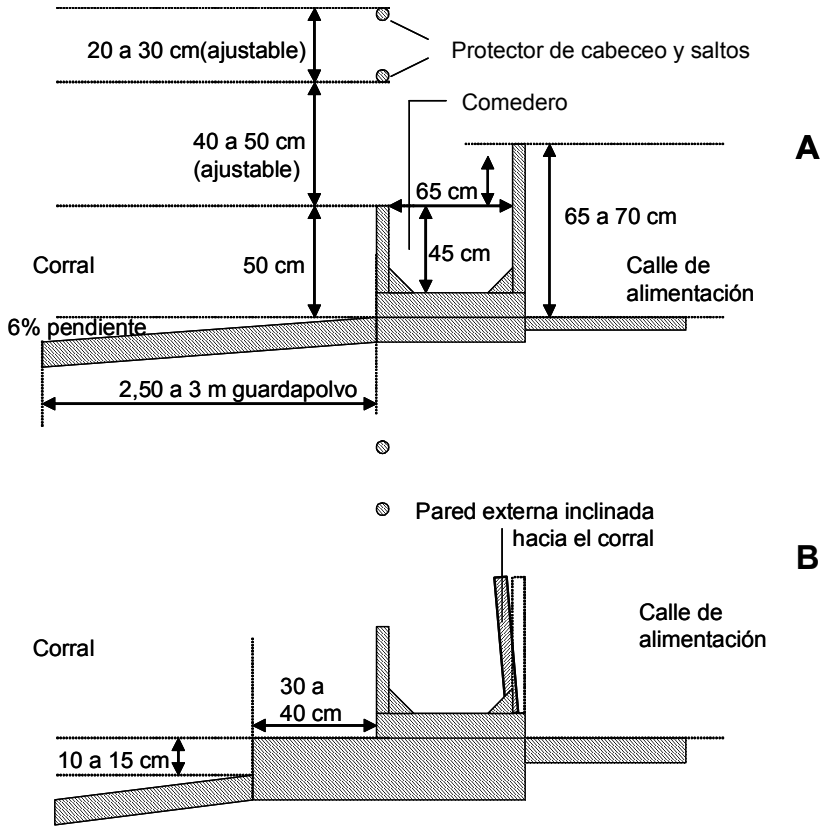
Los comederos deberían coincidir con el sector más alto del corral o al menos en un área donde no se corre riesgos de acumulación de agua y formación de barro. En los casos en los que se levanta el centro de los corrales con lomas de tierra para aumentar el área seca en los corrales, debería asegurase que el agua fluya en la dirección opuesta a los comederos.

Aunque la forma y material de los comederos varía en función del costo, algunos elementos que aportan a la funcionalidad e higiene deben tenerse en cuenta. El comedero debe permitir un acceso fácil del animal a la comida y alimentarse sin esfuerzo. Para ello es conveniente que el interior del comedero sea los más liso posible, de caras internas redondeadas, sin ángulos que dificultan la recolección del alimento por el animal o la limpieza rápida. En su exterior es deseable que sea de caras o lados rectos. Ello facilita la limpieza hasta el suelo por los costados, evitando la acumulación de alimento y excrementos debajo del comedero o adherido a sus lados por dificultad de limpieza. Ésto ocurre con comederos demasiado convexos (más anchos arriba que abajo, de sección semicircular o apoyados sobre patas con áreas libres). Es preferible levantar el interior del comedero con mampostería si se estima que quedará muy profundo. En los casos en que los costos obligan al uso de comederos del tipo bandeja, deberían despejarse del piso lo suficiente como para poder limpiar sin dificultad.

En corrales permanentes, el levantado del piso,enriquecido con cemento, arcillas o entoscado, es necesario para soportar la acción de los animales. Si se construye una vereda de

cemento, ésta debería permanecer limpia, por lo que se sugiere tenga una pendiente del 10% y un espesor de 12 a 15 cm si se fabrica de cemento. Adicionalmente, sería conveniente construir un escalón de 10 a 15 cm de alto y 30 a 40 cm de ancho, a lo largo de todo el comedero, del lado del corral. Esta estructura desalienta a los animales a pararse en paralelo al comedero por tiempos largos, evitando el acceso de otros al comedero, como también a retroceder y apoyarse, rascarse, golpear o defecar sobre los comederos. Es recomendable compactar muy bien o proveer un piso de cemento o entoscado de al menos 3 m de ancho a la manera de guardapolvo en todo el largo del frente de comedero. Ese sector será un área de alta presión animal y mucho movimiento de éstos acerándose y alejándose del comedero. En suelos arenosos, ese sector se erosiona rápidamente y se anega luego de una lluvia si previamente no ha sido levantado y preparado para soportar el tránsito animal.

El área de la calle en contacto con la cara externa del comedero debería permanecer limpia. Para ello la calle debe limpiarse con facilidad por lo que es conveniente que la cara exterior del comedero sea plana y vertical en 90º con respecto al suelo, caras apertura hacia fuera o redondas dejan áreas difíciles de limpiar contra el área de contacto del comedero con el suelo. El alimento que se acumula se descompone facilmente y, además de ser un foco de putrefacción y desarrollo de enfermedades, genera olores indeseables que pueden alejar a los animales del comedero y afectar su consumo. Algunas experiencias proponen incluso como conveniente dar una pequeña inclinación hacia el corral a la pared exterior (pared que da a la calle de alimentación) para reducir la posibilidad de contacto con las partes móviles de los implementos de limpieza con la pared.



Corte transversal para el diseño de comederos con pared externa vertical (**A**) o inclinada hacia adentro y con vereda desnivel (**B**). (Adaptado de NSW Agriculture, 1998.)

.

Los comederos deberán llevar por encima una protección de hierro, madera o alambre que opere de cerco eliminando la posibilidad de que los animales se metan en los comederos, que desperdicien el alimento o que salten por encima. No existen diseños fijos de protectores, lo modernos se hacen de una sola línea de caño o dos de hierro dispuesta por sobre el comedero, del lado del corral o por sobre aproximadamente el centro del comedero a 40 o 50 cm (ajustable si fuera posible) de altura desde el borde interno del comedero. En el caso de doble línea de hierro podría instalarse en forma oblicua (corte transversal), quedando la línea inferior a 35 cm (en línea vertical desde en centro superior del comedero). Ello permite un mejor acceso del animal al alimento y previene el desaprovechamiento del alimento por cabeceo, pero exige de una mayor estructura.

Es posible también la confección con alambre, reforzando la línea más baja con doble hilo de acero. Toda estructura deberá sostenerse de la pared del lado del corral y dejar la exterior (del lado de la calle) sin obstrucciones y limpia para repartir el alimento homogéneamente el alimento. En el caso de los comederos construidos en el mismo sitio, los postes podrán ser embutidos en la misma pared del comedero. Estos postes sostendrán una estructura de mate-

rial y forma variables, confeccionados muy simples con un solo caño, vigas de madera, alambre, cable de acero o hierro.

Los bebederos

El libre acceso al agua limpia y fresca es fundamental para sostener un buen consumo y engorde. El consumo de agua depende de la categoría y tamaño del animal, la dieta y fundamentalmente de la humedad y temperatura ambiente. Se recomienda la instalación de dos bebederos separados dentro de cada corral (con capacidad para 200 a 250 animales). No es conveniente utilizar bebederos muy profundos o de gran volumen. El agua retenida por mucho tiempo permanece generalmente más sucia y menos fresca. Los animales beben mejor de bebederos poco profundos con alto caudal, que renueva rápidamente el agua disponible. Adicionalmente, bebederos poco profundos son más fáciles de limpiar y sufren menos roturas. El frente de bebedero a disponer por animal es muy relativo al caudal y factores antes citados, pero se sugiere utilizar al menos 3 cm de bebedero por animal en un corral para 200 animales.

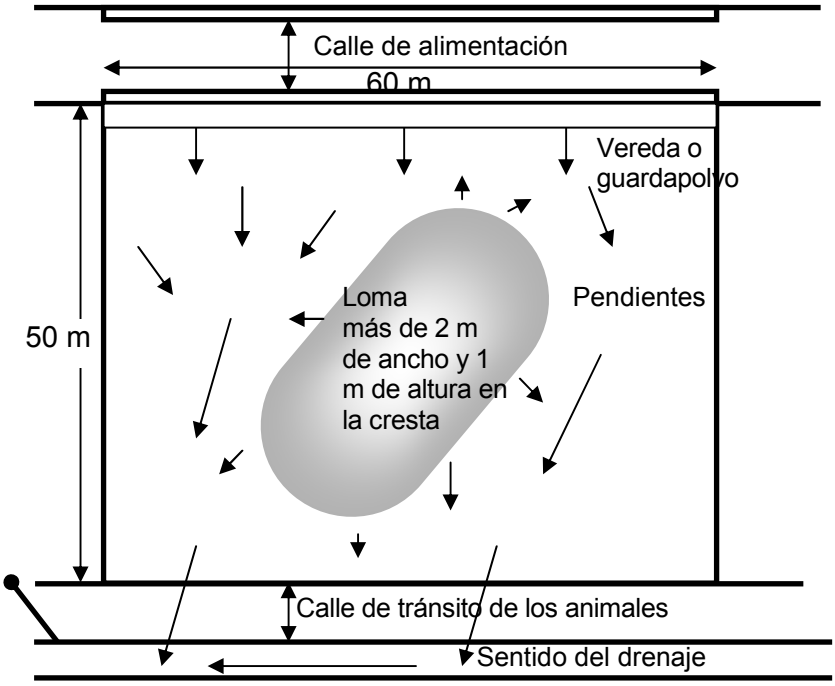
El diseño de la provisión de agua deberá tener capacidad para ofrecer con seguridad al menos 70 litros por animal y por día en verano y la mitad de ese volumen en invierno, para animales grandes (vacas o novillos en terminación). Frecuentemente se utiliza como referencia el valor de 7 litros por cada 50 kg de peso vivo. La reserva de agua y el caudal deberán preverse para ofrecer el agua demandada diariamente en un período no superior a 8 horas (período que generalmente se inicia con un alto consumo a la hora de ofrecido el alimento de la mañana. En los sistemas que alimentan dos y tres veces por día, el consumo de agua sigue la curva de consumo de alimento, pero se destaca el consumo agua de la mañana luego del primer ofrecido de alimento.

Además de servir a una mejor distribución de los animales en el corral reduciendo la presión sobre los comederos, el alejamiento del comedero evita que los animales lleguen a abrevar con mucho alimento en la boca y ensucien el agua. El bebedero debería localizarse en la mitad del corral más alejada del comedero, al menos 10 metros del mismo y no debería ser compartido entre corrales para evitar presiones sobre los lados del corral. Ello reduce los contactos entre lotes y las posibilidades de agresiones, roturas de cercos y también de contagios. Sería conveniente sea provea de un guardapolvo o vereda de cemento o suelo compactado, preparado para soportar la acción de las patas de los animales, cubriendo un área de hasta 2 m desde el bebedero.

Lomas o dormideros en los corrales

Cuando las pendientes han sido previstas y la superficie corregida a pendientes entre el 2 y 6%, no se requieren lomas interiores para proveer a los animales de superficies secas y limpias. Sin embargo en corrales con muy poca pendiente (0 a 2 %) se debe recurrir a las lomas para mantener áreas drenadas. Estas lomas funcionan además de sistema rompevientos dada la rugosidad que imponen a todo el área de corrales del feedlot. Las lomas permanentes deben construirse con suelo susceptible de ser compactado y resistente a la tracción.

Se sugiere que las lomas tengan un ancho de al menos 2 m, y una altura de 1 m en la cresta o parte superior. Sus lados no deberán ocupar todo el corral, sino construirse con una pendiente de 1 en 5. Deberá además tenerse en cuenta la exposición de las mismas con respecto al flujo de efluentes del corral para evitar generar obstáculos al drenaje del corral, evitar generar sectores críticos (como construcciones muy próximas a los lados del corral) que pudieren reducir el área útil del corral o sean de riesgo para los animales. Debería también contemplarse la exposición para servir de reparo de los vientos predominantes.



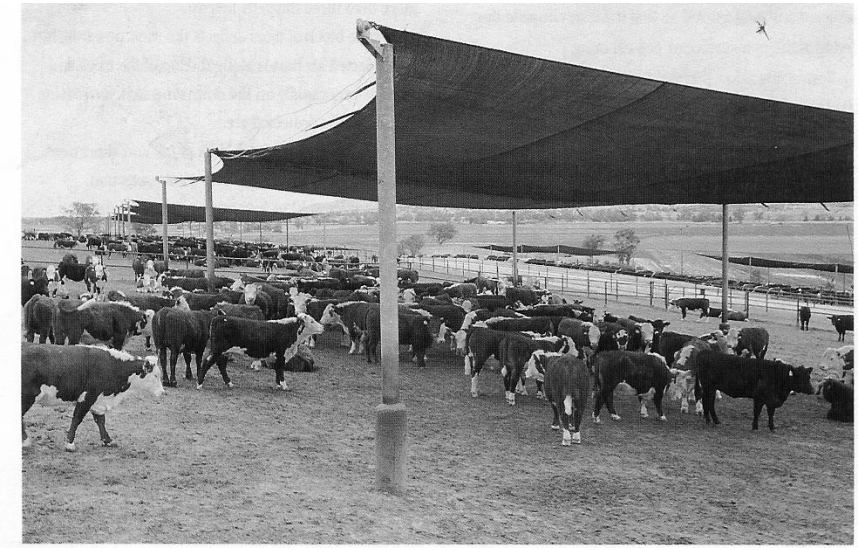
Sombra

La sombra provee enfriamiento y alivio térmico en regiones donde las temperaturas exceden frecuentemente los 35ºC y la humedad ambiental es elevada. Las temperaturas altas resultan generalmente en menor consumo de alimento. Las razas de origen cebú toleran mejor las altas temperaturas. Por su parte, los animales con mayor grado de terminación (cobertura grasa) sufren fácilmente de estrés térmico.

El grado de saturación y movimiento del aire son factores centrales en la eficiencia refrigerante de la sombra. El diseño de la sombra deberá permitir una remoción rápida y permanente del aire. Debe tenerse en cuenta que la presencia de sombra es un factor de concentración de animales, heces y humedad. La disposición de la sombra deberá permitir una alta eficiencia en el uso de la misma, el alejamiento de los comederos en lo posible y también un secado del suelo. Áreas con sombra permanente son más húmedas y concentradoras de heces. Generalmente las sombras ex-

tendidas de norte a sur son más secas que las de este a oeste. Se sugiere que el área de sombra a lograr debería ser de 1,5 a preferiblemente 4 m^2 por animal, aunque ello depende de numerosos factores, principalmente del tipo y rigurosidad del calor y de la categoría animal.

Para evitar restringir el movimiento del aire y alcanzar proyecciones de sombra significativas se sugiere que las estructuras de sombra tengan al menos 4 m de altura y anchos de no mayores a los 12 m, con corredores de aire (áreas sin sombra) de al menos 15 m entre franjas. Los materiales de matriz tramada en plástico negro tipo "media sombra", comunes en el mercado, son suficientes. Se sugiere utilizar los materiales con no más de 80% de cobertura en la matriz del material, los de mayor densidad tienden a retener agua y sufren roturas luego de una lluvia. Es conveniente que la sombra se pueda recoger o retirar en los meses fríos para no limitar la exposición al sol.



Otras protecciones

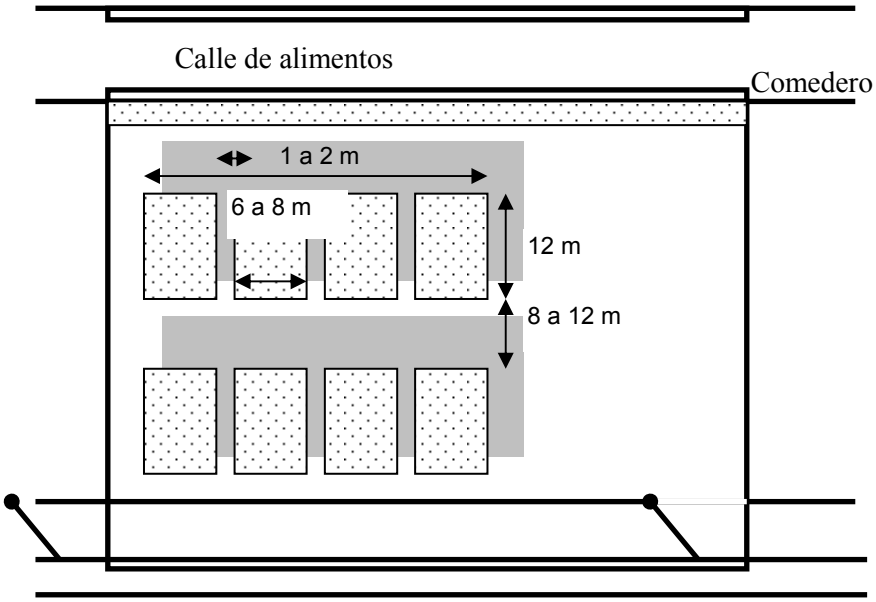
Forestaciones en cercos próximos a los corrales proveen también barreras, reduciendo la incidencia del viento en climas fríos y lluviosos o muy ventosos e incluso proveyendo ombra. Sin embargo, debe tenerse en cuenta la ubicación y las características de la masa arbórea. Los árboles de hoja permanente deben evitarse en las barreras al este y al norte, los de hoja caduca serían los indicados para esos sectores ya que voltean las hojas en invierno y no limitan el ingreso de energía solar en esa época. Los lados sur, suroeste y oeste pueden protegerse con árboles del tipo siempre verdes que representan una barrera permanente a los vientos del sur, fríos y frecuentes en invierno.

Las forestaciones se plantean como barrera cuando incorporan más de una línea de árboles. La separación entre estos dependerá mucho del tipo de árbol, pero desde el punto de vista práctico no deberían tener menos de 3 m entre árboles por las limitantes de la maquinaria para limpiar el área (malezas, ramas, etc.) o realizar trabajos culturales sobre los árboles. Otros aspectos a considerar en el distanciamiento son los relacionados con la competencia entre árboles y la altura a lograr. A densidades altas, las alturas pueden ser mayores pero es menor el desarrollo lateral de las plantas y su resistencia. Por otro lado, cortinas muy densas pueden provocar una disminución excesiva del flujo de aire y ser motivo de incremento de temperatura, humedad, plagas y olores.

Se sugiere que el grosor de la cortina no debería exceder 3 veces la altura de la misma. En la medida que la cortina crece en densidad y grosor la pared al viento es mayor, el movimiento de aire a través de la misma es menor y, aunque el ascenso de aire en la cara expuesta al viento es

máximo, el descenso de la masa luego de pasada la cresta de árboles es muy rápido reduciéndose el tamaño del área protegida. El ancho de una cortina o cinturón de árboles no debería superar las 7 filas en un ancho de 45 m. La protección que se alcanza cubre aproximadamente entre 10 a 20 m desde la cara interna de la cortina. Las cortinas multi-específicas e incluso con arbustos permiten incrementar la efectividad rompe-vientos de la barrera.

Adicionalmente, los bosques o plantaciones pueden proponerse para incrementar la evaporación de aguas y reducción del nivel de freática a través de la evapo-transpiración de la masa arbórea. En áreas con drenaje pobre o comprometidas con freáticas altas. Finalmente, las plantaciones en cortinas o en bosques permiten mejorar la imagen de toda el área por su efecto enriquecedor del paisaje.



Tamaños sugeridos y ubicación de sombras artificiales

Calles de alimentación

La ubicación de las calles alimentación depende de la distribución de los corrales. Por estas calles transita el alimento, son las denominadas "limpias" y deberían corresponderse con los sectores más altos del predio, con drenaje en un sentido (alejándose de las instalaciones de preparación de alimentos y de alto tránsito) y abovedadas para que no acumulen agua y barro. La calle de alimentación debería permitir el tránsito cómodo de dos transportes de alimento en sentido opuesto para ir y poder regresar por la misma sin verse obligado a transitar por calles sucias. El ancho frecuente es de al menos de 5 a 6 m.

Calles de los animales

Las calles por las que transitan los animales (o calles sucias) hacia los corrales de alimentación o viceversa son calles que se deberían ubicar sobre el lado opuesto a los comederos. Son más sucias debido al tránsito frecuente de los animales y sus excrementos. Se localizan en áreas mas bajas y en ellas también coincide la estructura de recolección de los efluentes líquidos de los corrales. En ellas (a sus lados) deberían planearse los canales colectores del drenaje de los corrales en tránsito hacia una laguna de decantación o sectores de anegamiento. Deberían también se abovedadas para que permanezcan secas y sequen rápido luego de una lluvia. En estas calles es muy importante el diseño de la pendiente general para evitar que se encharquen y aneguen. En planteos de encierre que no han tenido en cuenta el flujo y manejo escurrimientos y efluentes,

frecuentemente se observan charcos o lagunas que inutilizan las calles e incluso avanzan sobre los corrales.

Debido a los movimientos frecuentes de los animales en un feedlot y a la alta concentración por unidad de superficie, si los traslados no se logran con tranquilidad y de forma fluida, el nerviosismo se generaliza y se expone todo el feedlot a trastornos del comportamiento, alteraciones de la rutina y finalmente a depresión o irregularidad en el consumo. El estrés generalizado puede terminar en depresión inmunológica y en avance de enfermedades diversas. Es conveniente que estas calles sean lo suficientemente anchas para traslados cómodos pero también posibles de ser bloqueadas con las mimas tranqueras de acceso a los corrales. Un ancho de al menos 3,5 a 4 m sería el indicado. Ello facilita los movimientos de hacienda sin exponer a escapes de animales y corridas no deseables. Tampoco es deseable tener que usar demasiadas personas para cerrar calles o cortar el ingreso de los animales a determinados lugares. Es preferible que esos bloqueos ocurran con tranqueras a las que los animales ya están habituados. Si fuera posible por la infraestructura y el tamaño de los grupos, sería conveniente que esos movimientos de animales los realice una sola persona y evitando en todo momento la presencia de perros.

Corrales de recepción

Los corrales de recepción son corrales que se deben ubicar en la cercanía de los corrales de manejo y tratamiento de los animales, generalmente también conectados al muelle de descarga. En su diseño se deberían tener en cuenta los aspectos de diseño comentados para los corrales de alimentación, excepto que el espacio disponible por animal podría ser de la mitad porque los animales estarán transitoriamente en estos corrales. Deben tener comedero y agua y ser de fácil ingreso y egreso, como una calle de acceso del carro de alimentación al comedero.

En estos corrales se ingresa con los animales que recién llegan al feedlot. Es el lugar donde descansan, se los alimenta o dietas fibrosas (alto contenido de henos o silajes) y desde donde se los lleva al corral del manejo para vacunaciones, implante, curaciones, marcado, señalada, castraciones, control de parásitos u otros tratamientos. Generalmente un lote sin problemas sanitarios no debería permanecer más de una semana en este corral para ser trasladado a los corrales definitivos. En algunos casos de orígenes dudosos respecto de enfermedades se puede utilizar estos corrales para imponer una "cuarentena" a los animales mientras se los acostumbra allí a la dieta de alto contenido de grano.

Es conveniente tener al menos un corral de este tipo. Los corrales de recepción sirven también para tener transitoriamente animales que han sufrido algún trastorno metabólico (ej. acidosis), heridas u otro tipo de afección pasajera, pero no aquellos con enfermedades infecciosas que puedan contaminar el corral y luego contagiar tropas que ingresan al predio. Para animales enfermos se construyen los corrales de enfermería u hospital.

Corrales de enfermería

Son corrales que deben tener rápido acceso desde los corrales de manejo pero deberían estar aislados del movimiento de los animales sanos. Se deben ubicar preferentemente alejados de los corrales de alimentación y de los de recepción. Se deben planear con espacios similares a los de recepción y con un diseño similar en comederos y provisión de agua. Estos corrales se destinan a animales enfermos con manifestaciones clínicas de enfermedades infecciosas y que se encuentran en tratamiento. Se planifican al menos un par de ellos con una capacidad para 30 a 50 animales. En estos corrales los animales permanecen entre 15 y 25 días dependiendo del tipo de tratamiento. Luego del tratamiento de una afección infecciosa, los corrales deberían ser limpiados y desinfectados con cal u otro desinfectante total o de amplio espectro.

Se debería disponer de 3 a 5 m^2 por animal y una pendiente de 2 al 5%. Deben ser de piso firme y seco cuyos lavados o efluentes no acceda al área de los corrales de alimentación aunque

finalmente terminen en la misma laguna de almacenamiento de efluentes. Frecuentemente se les incorpora un refugio de las características antes descritas y si las condiciones de piso en el refugio pudieran poner en riesgo la higiene en el refugio, es conveniente construir un piso de cemento rugoso con buena pendiente hacia fuera. Es importante además ubicar estos corrales de tal forma que sea factible y simple el acceso con vehículos para tratar a algún animal en el lugar o su traslado.

Estructuras de captura y manejo de efluentes y estiércol

El manejo de efluentes líquidos y estiércol requiere del diseño de estructuras de captura o concentración, recolección, procesamiento y reuso o dispersión de las excretas (Figura 2). La información sobre la escala del feedlot (cantidad de animales a contener) y sobre las características topográficas, edáficas, hidrológicas y climáticas del sitio constituye la base del diseño. El objetivo debe ser la contención y manejo de los efluentes líquidos y sólidos para reducir al mínimo los escapes al medio y el proceso debería iniciarse con la estimación de los volúmenes a generar y consecuentemente a contener, tanto en líquidos como en sólidos.

En los feedlots a cielo abierto, los efluentes líquidos son generados a partir de las deyecciones y el aporte de agua de las precipitaciones. El área del feedlot, las precipitaciones y las condiciones del suelo o piso de los corrales (textura, compactación y pendientes) definen el volumen de líquidos (Figura 2). El sistema de captura de efluentes tendrá sentido si se corresponde con un buen diseño topográfico y tratamiento del piso de los corrales para reducir al mínimo la infiltración y facilitar el escurrimiento controlado (NSW Agriculture, 1998).

De manera similar, los volúmenes de sólidos generados (estiércol) deben ser estimados, y luego planificado su manejo de acuerdo a pautas que permitan maximizar la retención de nutrientes y elementos con potencial contaminante en la masa de estiércol y, minimizar la movilización no controlada, y prepararlo para su traslado fuera de los corrales y el uso posterior.

Manejo de líquidos

Las instalaciones para el manejo de efluentes se componen de un sistema de recolección de los líquidos en escurrimiento superficial a través de una estructura de drenajes primarios y secundarios colectores y su captura en sistemas de tratamiento (decantación de sólidos, reducción de materia orgánica y evaporación de agua) y almacenamiento para su posterior uso (riego).

Área de captura y drenajes

Se entiende por área de escurrimiento de efluentes a la superficie de todo el feedlot que recibe o captura líquidos, lo que finalmente deberán ser conducidos y tratados evitando su infiltración o movimiento descontrolado. El área deberá incluir:

área de corrales de alimentación, recepción y enfermería,
área de corrales y manga de manejo o tratamientos,
caminos de distribución de alimento y de movimiento de animales,
áreas de almacenamiento y procesamiento de alimentos,
áreas de acumulación de heces de la limpieza de los corrales,
áreas de silajes,
área de lavado de camiones.

En algunos casos el área de corrales recibe los efluentes de los sectores destinados al almacenamiento y procesado de alimentos, en otros estos sectores no comparten la misma pendiente por los que sus escurrimientos deben ser conducidos por vía independiente hacia las lagunas de decantación y almacenamiento.

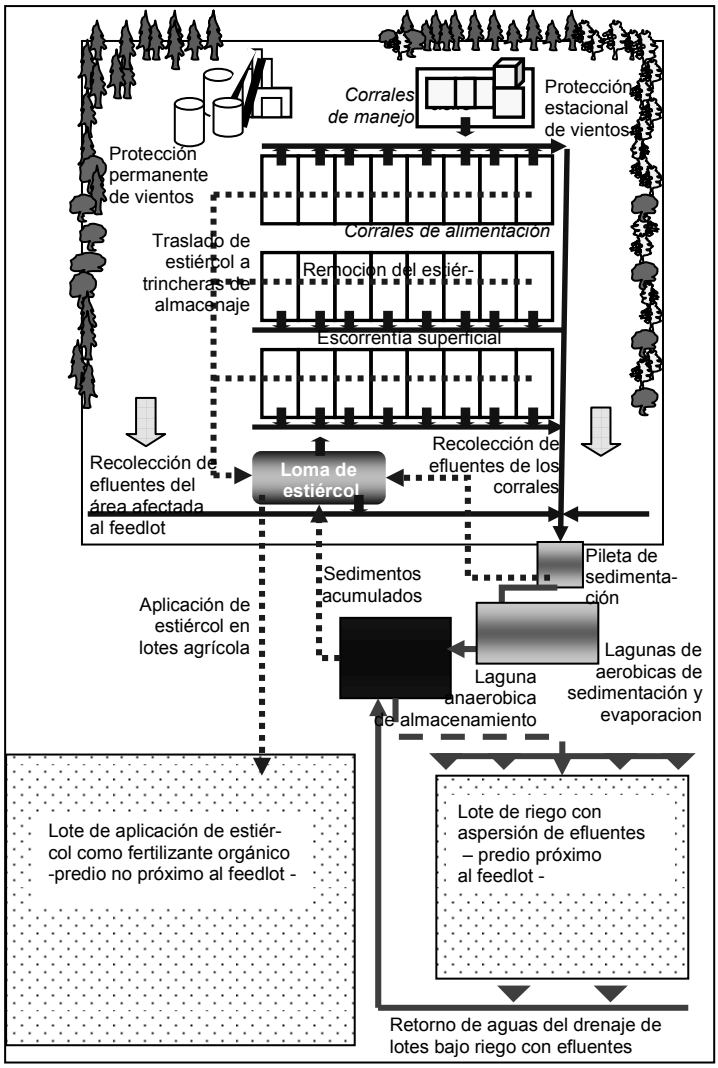


Figura 2. Esquema de una estructura de manejo de efluentes líquidos (circuito azul) y de estiércol (circuito marrón) en el diseño de un feedlot

Adicionalmente, debe tenerse en cuenta cualquier posible ingreso de escurrimientos externos al área del feedlot, pendientes arriba, que pudiera incrementar la cantidad de agua a drenar. Ante la posibilidad de ganancia de efluentes es necesario desviar esa carga antes de que ingrese al área de feedlot. De lo contrario se pierde control de los volúmenes que se recogerán y se incrementan los costos de la estructura de efluentes (se requerirán lagunas más grandes) como los riesgos de erosión del piso y el deterioro de las instalaciones. Estos sistemas de desvío de escurrimientos deben ser diseñados con salida permanente en drenaje hacia canales colectores y descarga en áreas más bajas con mucha vegetación, lagunas con salidas que retoman el cauce natural de las aguas luego de pasado el sector del feedlot, o lagunas de decantación y almacenamiento que pudieren ofrecer agua para riego u otros usos

El sistema de drenajes debería se concebido para: i) evitar el ingreso de escurrimientos superficiales al área del feedlot, ii) crear un área de escurrimiento controlado, iii) colectar el escurrimiento del área del feedlot y transferirlo, vía sistemas de sedimentación, a lagunas o sectores de decantación y sistemas evaporación, y iv) proveer sistemas de sedimentación para remover sólidos arrastrados en el líquido efluente, con el objeto de manejar los efluentes y proteger los recursos hídricos locales de la contaminación, evitar la formación de barros y sectores sucios propicios para el desarrollo de putrefacciones, olores y agentes patógenos.

El control de la escorrentía, la erosión y los sedimentos dentro de los corrales están determinados por la pendiente, la longitud de los corrales, las características de la superficie, y la compactación de la interfase suelo y estiércol. Para asegurar buenos drenajes, minimizar los movimientos de tierra y controlar la erosión y el movimiento de sedimentos es conveniente que la pendiente se encuentre entre el 2 y 4% (NSW Agriculture, 1998). Pendientes superiores al 4% incrementan los riesgos de erosión. El largo de los corrales no debería exceder los 70 m y ser más cortos en la medida en que se incrementa la pendiente.

Los bebederos deberían estar cerca de las vías de drenaje del corral para evitar que el agua rebalse o salpicaduras de los bebederos por los animales recorra o se distribuya en la superficie del corral incrementando los riesgos de deterioro del piso. En ese mismo sentido, los bebederos deben ser construidos de material u otro recurso sólido, resistente a las roturas y pérdidas frecuentes. Adicionalmente, la tierra y material fecal acumulado debajo de los alambrados o costados de los corrales es motivo de embanque del agua impidiendo el tránsito libre hacia los canales de drenaje. Es conveniente limpiar con frecuencia (mensual, bimensual o de acuerdo a la necesidad) debajo de los laterales para evitar ese efecto.

El drenaje de efluentes entre corrales debería ser parte de un diseño que contempla la recolección de todos los efluentes y su direccionamiento hacia una laguna de decantación. En los feedlots grandes, con varias filas de corrales, los canales primarios de drenaje confluyen en canales secundarios de mayor capacidad y diseñados para soportar un tránsito de mayor caudal. Estos finalmente confluyen en uno central que desemboca en el sistema de sedimentación, previo al ingreso al sistema de almacenamiento.

Los canales primarios en los que recogen el esucrrimiento, pueden ser de tierra compactada o de cemento. Los segundos son más seguros y eficientes, toleran velocidades mayores de tránsito del agua y derían ser auto-limpiantes (se sugiere 3m/s; NSW Agriculture, 1998), pero más costosos. Los de tierra son más simples pero el agua transita más lentamente y exigen mayor mantenimiento y limpieza. Estos canales no deberían acumular vegetación. La vegetación desacelera el tránsito de los líquidos, acumula materia orgánica, y provoca estancamiento del agua. La limpieza de estos canales vegetados puede muy agresiva sobre las paredes y las erosiona.

El cálculo del tamaño y pendientes de estos canales (primarios, secundarios o colector central) depende de los volúmenes a transportar y el contenido de sólidos. En el diseño se sugiere que se tenga en cuenta la cantidad de agua a conducir recogida de una lluvia definida de alta intensidad y cantidad de una frecuencia de 20 años. Los canales de drenaje construidos en cemento podrían diseñarse para velocidades de 3m/s y los de tierra para velocidades no superiores a los 0,6 m/s, dependiendo del tipo de suelo presente. Se sugiere que los canales secundarios y el colector central tengan paredes con pendiente de 1:3, una distancia libre al pelo de agua de 0,3 m y un mínimo de profundidad efectiva de 0,6 m (NSW Agriculture, 1998).

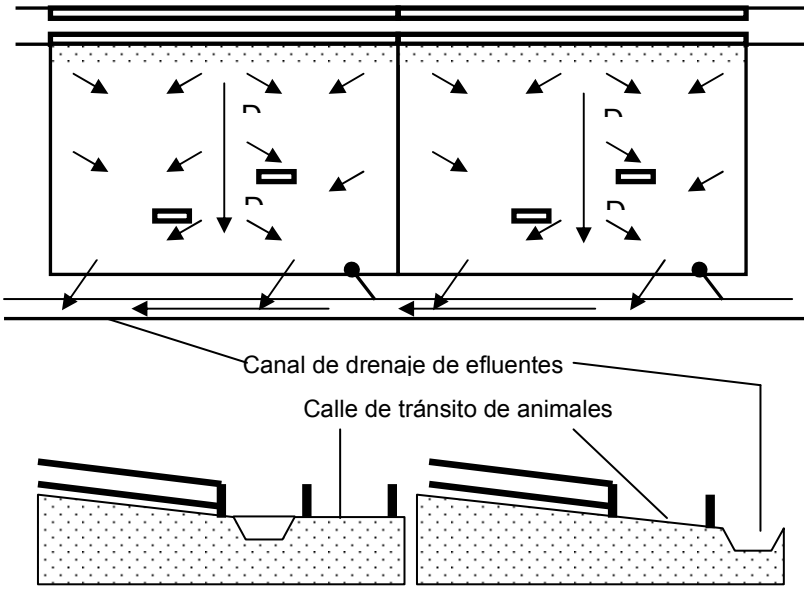


Diagrama del diseño del flujo de efluentes en escurrimiento superficial (NSW Agriculture, 1998).

Sistema de sedimentación

Estos sistemas están diseñados para detener el escurrimiento y permitir la decantación de materiales sólidos antes de ingresar el líquido a las lagunas de evaporación y almacenamiento. Su función es reducir la acumulación de sedimentos y evitar el colmatado de las lagunas de posteriores. Disponer de dos o varias estructuras de sedimentación sería conveniente para poder limpiar unas mientras se utilizan la otras, aunque ello dependerá de la frecuencia de lluvias en la región y los costos (NSW Agriculture, 1998; Swanson et al., 1973; Lott et al., 1994a).

Los tipos de sistemas de sedimentación se clasifican en lagunas de sedimentación o decantación, depresiones y terrazas, variando en profundidad y tiempo de retención de los líquidos. Las lagunas son de más de 1,5 m de profundidad y no necesariamente descargan luego de una lluvia. Las otras formas (depresiones y terrazas) son menos profundas (0,50 a 1 m) y por su menor capacidad rebalsan y descargan en el sistema de evaporación o en la laguna o pileta de almacenamiento con mucha frecuencia (Sweeten, 1988b; Lott, 1994a,b). Este último sistema, es implementado facilmente, sirve para reducir la velocidad de movimiento del escurrimiento y decantar lo más pesado o detener las particulas livianas y grandes.

El sistema debe desacelerar el agua para lograr una sedimentación de al menos el 50% de los sólidos. Debe ser fácil de limpiar con maquinaria por lo que el piso debe estar muy bien compactado y estabilizado para poder trabajar y limpiarlo, aún con humedad. En los sistemas de buena elaboración se sugiere la incorporación de una lámina de 30 cm de arcilla mezclada con suelo y compactada para impedir la infiltración y la posible contaminación de la freática. En recomendaciones de experiencias internacionales se sugiere que se logre un suelo con una conductividad hidráulica inferior a 10^{-7} cm/s, considerándose a partir de este valor una "desconexión hidráulica" en el perfil (TNRCC, 1995) que impide la infiltración masiva.

Además de la descarga normal entre las lagunas de sedimentación, de evaporación y de almacenamiento, debería planearse un vertedero de desborde para que en caso de que las lagunas se llenen muy rápidamente se pueda dirigir del excedente hacia las otras lagunas. Se sugiere también la construcción de disipadores para reducir la velocidad de ingreso de los efluentes a la laguna de sedimentación. La velocidad flujo del agua en la laguna de sedimentación no debería superar los 0,005 m/s, la altura de lado libre por encima del pelo de agua sería de 0,9 m. Los siste-

mas de sedimentación deberían ser diseñados para contener el máximo flujo de 24 horas una tormenta de la mayor intensidad en 20 a 25 años (TNRCC, 1995).

De toda el agua que ingresa por lluvia al área del feedlot, la cantidad que escurre es menor al 100% de la misma, una fracción se evapora y otra es retenida y se absorbe en el suelo. En sectores compactados como los corrales y las calles la infiltración es baja y es mayor en áreas vegetadas o de poco tránsito.

Frecuentemente los valores utilizados en los cálculos son de 0,60 a 0,85 para los primeros y 0,35 a 0,50 para los segundos. Relevamientos en feedlots de EEUU (Gilberson et al., 1980, 1981; Clark et al., 1975a) y de Australia (Lott, 194b) ha determinado alta variabilidad en la cantidad de escurrimiento en relación a las precipitaciones ocurridas (entre el 20 y el 50%), proporción que varía con el tipo de suelo, las pendientes y la humedad ambiental. Lott et al. (1994a,b) determinaron que se requieren de hasta de 20 mm de lluvia para provocar movimientos de escorrentía en varios feedlots de Australia.

Si se utiliza un coeficiente de escorrentía de 0,8 para corrales, calles y otros sectores duros y 0,4 para áreas con vegetación graminosa, el cálculo del volumen de laguna a construir sería (metodología sugerida Lott y Skerman, 1995; citado por NSW Agriculture, 1998):

$$V = Qp\ (l/w)\lambda/v$$

Donde:

V = Volumen de efluentes contener en el sistema de sedimentación (m^3)

Qp = Tasa de ingreso (m^3/s) para una tormenta de la intensidad máxima esperable cada 20 años.

l/w = relación entre la longitud y el ancho en la dirección del flujo en la laguna a construir

v = velocidad del flujo (m/s); máximo = 0,005 m/s

λ = factor escalar. Lambda (λ) es un factor que tiene en cuenta la acumulación de sedimentos y la frecuencia de remoción:

Sistema de sedimentación	l/w	λ
Depresión	2 a 3	2,5
Terraza	8 a 10	1
Laguna de decantación	2 a 3	6

Dada la acumulación de sólidos estas lagunas o piletas tienden al colmatado rápido por lo que deben ser limpiadas con frecuencia. El material que precipita rápidamente es el más pesado conteniendo tierra y nutrientes de mayor densidad. La acumulación por tiempos prolongados genera fermentaciones, olores desagradables y es un medio propicio para el desarrollo de enfermedades y plagas. Sería conveniente que no transcurran mas de 3 semanas de acumulados los líquidos en estas lagunas luego de una lluvia y menos de 1 semana si se dispone de sistemas de evaporación antes de ingresar a la laguna de almacenamiento (NSW Agriculture, 1998). El flujo de los líquidos hacia las otras lagunas debería ser controlable no solo por desborde sino por medio de una compuerta regulable para evitar acumular el sobrenadante por tiempos demasiado prolongados en esta laguna, impidiendo su secado y limpieza.

En los sistemas modernos de manejo de efluentes se propone la incorporación de una batería de lagunas de sedimentación más pequeñas y poco profundas (70 a 50 cm), que operan de decantadores y evaporadores al mismo tiempo, permiten un desacelerado de los efluentes y ofrecen una amplia superficie de evaporación. La disponibilidad de varias (4 a 6) permite por un lado desviar el flujo de alguna para proceder a su limpieza. Por otro lado, se logra un período mayor de permanencia de los efluentes y una mayor precipitación de solutos en lagunas de tránsito antes

de terminar en las de almacenamiento. Este sistema de batería de lagunas permite que la carga de sólidos de los efluentes que ingresan a las lagunas de almacenamiento sea considerablemente menor y su eficiencia sea mayor. Determinaciones experimentales han demostrado que estos sistemas pueden retener el 70 al 80% de los sólidos totales colectados con los efluentes de escorrentía superficial del feedlot (Swanson et al., 1977). Loudon et al. (1985) indicaron que la velocidad de tránsito de los líquidos debería ser inferior a los 0,3 m/s para que ocurra la decantación de sólidos en suspensión.

Se plantea a continuación, a manera de ejemplo, el cálculo de una laguna de sedimentación para un feedlot con capacidad para 5000 animales (según metodología sugerida por Lott y Skerman, 1995; citado por The NSW Inter.-Departamental Committe of intesive animal industries. 1997).

Datos del feedlot:

Capacidad = 5000 animales
Área de captura en el feedlot (Area) = 12 ha
Área de corrales = 7,5 ha
Caminos, drenajes y otros = 4,5 ha
Áreas con vegetación graminosa = 0 ha
Coeficiente de escorrentía (CE) = 0,8
Longitud del área = 0,46 km
Ancho del área = 0,26 km
Pendiente = 9 m/km

Datos climáticos:

Intensidad de la lluvia = 54 mm/hora
Precipitación total (Ppt) = 42 mm = 0,042 m
Tiempo de concentración del agua (Tca) = 42 mm/(54 mm/hora)*60 min/hora = 47 minutos = 2820 segundos.

Cálculos:

Qp = Area (m^2) Ppt (m) CE./Tca =
Qp = 120000 m^2 0,042 m 0,8/2820 s = 1,43 m^3/s
Relación entre el largo y el ancho de la laguna (l/w) = 3
Se utiliza para este ejemplo como factor escalar al correspondiente para una laguna de sedimentación, según el cuadro precedente: $\lambda = 6$
Máximo permisible de velocidad de flujo (v) = 0,005 m/s

Cálculo del volumen mínimo a contener:
$V = Qp\ (l/w)\lambda/v = 1,43*3*6/0,005 = 5148\ m^3$

Una alternativa a las lagunas de sedimentación es la construcción de canales de tierra que por tamaño y pendiente funcionen de sedimentadores. En esta opción los canales se construyen más amplios que los comunes colectores de efluentes desde los corrales y con pendiente controlada, inferior al 1%. El ingreso de los efluentes en estos canales, sin aceleración en canales previos, permite iniciar un proceso de decantación rápido luego de una lluvia. El líquido conducido por estos canales es vertido en una laguna de evaporación o directamente en la de almacenamiento si la primera no se justifica por el tamaño del feedlot. En la boca del vertedero a la laguna es conveniente construir una maya de matriz de hierro, caños verticales o maderas que opere de filtro grueso para reducir la velocidad de los líquidos en ese punto e impida el ingreso de materiales largos y de bajo densidad que puedan luego obstruir sistemas de riego u otros.

Estos sistemas requieren de una limpieza frecuente y el control del estancamiento. Se pretende un movimiento lento de los efluentes y la decantación de los solutos pero no un estancamiento y enlagunado. Se debe evitar que los canales se conviertan en lagunas de almacenamien-

to. Por otra parte, en el diseño de este tipo de canales se debe tener en cuenta los volúmenes a mover ellos y la capacidad de todo el sistema para evitar los desbordes y el anegamiento de calles o banquinas. Otra condición necesaria es el impermeabilizado de los mismos para evitar la infiltración y la lixiviación de nutrientes con potencial contaminante. En las condiciones optimas, esta alternativa ha permitido alcanzar sedimentaciones del 75 al 80% de los solutos (Swanson et al., 1977; Loudon et al., 1985).

Sistema de almacenamiento

En la totalidad de la superficie del feedlot las pérdidas por infiltración deberían ser mínimas y las producidas por evaporación dependerán del tiempo de permanencia del agua en la superficie del feedlot y en las lagunas precedentes. Los diseños de mayor seguridad contemplan una relación entre agua de escorrentía/precipitada de 0,7 a 0,8 (NSW Agriculture, 1998). Otros menos exigentes utilizan valores relaciones de 0,3 a 0,5 (Phillips, 1981). Sin embargo, estos últimos se combinan con el uso frecuente y sistemático en riego.

Desde la laguna de sedimentación el líquido fluye hacia los sistemas de evaporación y finalmente hacia las lagunas de almacenamiento. Estas lagunas se diseñan para contener los líquidos y sus funciones son:

a) la captura de la escorrentía del feedlot para minimizar la polución del suelo y los recursos hídricos,
b) el almacenamiento del agua de escurrimiento para su posterior uso en riego,
c) el tratamiento del agua recogida antes de su aplicación,
d) la recolección del agua efluente para continuar evaporación.

Las lagunas de almacenamiento deben ser lo suficientemente grandes como para almacenar efluentes por períodos extensos, de un año o mayores (Sweeten, 1988b). Deberían ser capaces de contener el balance agua entre ingresos por escorrentía y salidas por riego y evaporación en un año del percentil 90% más húmedo. Los rebalses deberían ser infrecuentes. El tamaño en volumen variará entre 10 y 20 veces el tamaño del de las de sedimentación, variación particularmente debida a la precipitación anual esperable, las pérdidas por infiltración y por evaporación, y los usos del agua acumulada (Sweeten et al., 1990).

Toda la superficie de las lagunas deberá estar bien sellada con arcillas u otros materiales, incluso plástico o cemento para evitar la infiltración y contaminación de freáticas (Walker, 1995). Un mínimo de 1 m de profundidad libre hasta el pelo de agua es deseable. Sería conveniente también construir un vertedero para dirigir el sentido del desborde de una tormenta de la magnitud de las que se repiten cada 50 años, de tal forma que la descarga no provoque velocidades erosivas (NSW Agriculture, 1998).

El diseño debe tener en cuenta la pérdida de capacidad por acumulación progresiva de sedimentos. Entre el 20 y el 50% de los sólidos que ingresan al sistema de sedimentación fluyen hacia la laguna de almacenamiento. Esta pérdida depende de la tasa de acumulación y de la de remoción. Aunque frecuentemente poco visible, el movimiento de sedimentos y suelo desde el área del feedlot con la escorrentía es importante y debe ser minimizado. Determinaciones en Nebraska (EEUU) sobre feedlots con infiltración controlada, indican movimientos de 10 a 40 mm de suelo por la superficie total del feedlot cada año (Sweeten et al., 2000). En EEUU se recomiendan utilizar valores de 32 a 38 mm de profundidad por el área del feedlot para calcular el volumen de sedimento que deberá capturase en el sistema de manejo de efluentes y el volumen que ocupará el sedimento, en particular en la laguna o sistema de sedimentación (Gilbertson et al, 1979).

Las lagunas de tratamientos de efluentes y de almacenamiento tienden al auto-sellado del piso en el tiempo si la compactación inicial ha sido suficiente y el suelo no es excesivamente arenoso (Sweeden, 1988b). Estudios conducidos en California determinaron una reducción de 100

veces en la conductividad hidráulica del suelo de lagunas de sedimentación luego de 6 meses de uso, proceso que se acelera con el mayor contenido o agregado de arcillas (Phillips y Culley, 1985). Estudios conducidos por varios autores (Lehman y Clark, 1975a; Lehman et al., 1970) han detectado escaso o nulo enriquecimiento nitratos por debajo de 1 m de profundidad en fondos de lagunas de sedimentación y almacenamiento que habían sido tratados y compactados con arcilla expandible. En un estudio similar, Smith et al. (1994) encontró ausencia de enriquecimiento con nitratos a los 3 m de profundidad en 3 feedlots de la región de Amarillo, Texas, en EEUU. Por su parte, Miller (1971) detecto enriquecimiento con nitratos en el área de influencia de 22 feedlots en las planicies altas de Texas cuando la profundidad de la freática se ubicó en el rango de los 30 a 90 cm. Sweeten et al. (1990, 1995a) encontraron niveles de nitratos del 0,25 a 9,1 mg/L en pozos de agua en el área de 26 feedlots en la región de Amarillo, Texas.

Las lagunas deben ser también de fácil acceso para su limpieza ya que habrá que remover periódicamente el material sedimentado. El sedimento es en parte estiércol y suelo, variando en proporciones entre 50 a 70 % en sólidos biodegradables y 30 a 50% suelo (Sweeten y Amosson, 1995). En base seca, el contenido de nutrientes (N, P y K) es similar al estiércol en el feedlot (sobre base seca) (Sweeten, 1990, Sweeten y Amosson, 1995). Extraídos los líquidos por bombeo, el material remanente se encontrará depositado en láminas o costras con contenidos humedad variables entre el 25 y el 80%, dependiendo del tiempo de secado y el clima. En climas muy secos y cálidos la evaporación es muy alta y se han registrado los valores más bajos de humedad. Debe tenerse en cuenta que superando contenidos de humedad del 70 % en cualquier residuo orgánico resulta imposible controlar las fermentaciones y la generación de olores (Sweeten , 1990).

La extracción del sedimento puede hacerse inmediatamente de retirado el sobrenadante o esperar un desecado mayor y mover menos agua. Ello depende de las condiciones climáticas y del equipamiento para la remoción de sedimentos. En algunos casos el tipo de maquinaria exige de una barro acuoso para poder remover el material (equipos de succión), en otros los equipos (palas o barredores mecánicos) son mas eficientes con material seco (Sweeten y McDonald, 1979). En estos últimos se deberá deshidratar hasta alcanzar contenidos de humedad del 60% o menos. Para acelerar la desecación puede ser necesario romper la estructura laminar o encostrado del sedimento.

La frecuencia de limpieza de estas lagunas de almacenamiento se define en términos de años (frecuentemente entre 1 y 3) y depende de la cantidad de sedimento acumulado, la producción de olores emanados de procesos fermentativos en el estiércol asociado al sedimento, la detección de infiltraciones o de necesidades de arreglos estructurales. La eficiencia de captura de sedimentos en las lagunas anteriores se vera reflejada en la tasa de acumulación de los mismos en esta laguna.

El material semisólido colectado puede utilizarse para fertilización de potreros de la misma manera que con el estiércol recogido de los corrales o de las pilas de almacenamiento, o bien puede almacenarse en dichas pilas. En la medida en que las lagunas tengan oportunidad de secarse y el material decantado pueda ser removido, se reduce la generación de olores desagradables y el riesgo de desarrollo de plagas y patógenos. Ello demandaría de un diseño que contemple más de una laguna de almacenamiento para permitir el secado y limpieza de una mientras la otra está en funcionamiento.

Se clasifica a las lagunas en:

a) Lagunas de retención o aeróbicas: Se utilizan para retener en forma temporaria el líquido efluente hasta su aplicación a la tierra a través del riego.
b) Lagunas anaeróbicas o facultativas. Se utilizan para conservar efluentes por tiempos prolongados y permitir el tratamiento parcial del agua antes de su uso.

Las lagunas de tipo aeróbico tendrán profundidades de 1,5 m o menos (NSW Agriculture, 1998). Son lagunas con mayor capacidad que las anaeróbicas para la degradación de la materia orgánica. Las de tipo anaeróbico son de profundidad superior a los 1,5 m, frecuentemente entre 2,5 y 4 m. Por menor superficie expuesta la evaporación total es menor, pero el área ocupada es también menor. En estas lagunas continúan procesos de degradación de la materia orgánica pero a un ritmo muy inferior al de las lagunas sedimentación y evaporación o de almacenamiento en aeróbico, la degradación oxidativa en los primeros centímetros desde la superficie de la masa líquida y en profundidad predominan las fermentaciones.

Oxidaciones y fermentaciones de la materia orgánica son necesarias para reducir el contenido total de materia y destruir agentes patógenos, pero pueden generar otros y promover emisiones gaseosas por volatilización (N y S), degradantes del aire. La incorporación de sistemas de aireación permite degradación aeróbica y reducir la emisión de olores indeseables pero la alternativa más económica es generalmente el uso intermitente de los líquidos y la remoción periódica del sedimento.

Las tendencias actuales en los diseños modernos indican una preferencia por la construcción de mayor número de lagunas de escasa profundidad para maximizar la precipitación de solutos, la degradación aeróbica de la materia orgánica y la evaporación de agua (Sweeten, 1990). El vaciado y limpieza frecuente de las lagunas de almacenamiento reduce las emisiones fermentativas, de olores desagradables.

Pasos para el diseño del sistema almacenamiento (NSW Agriculture, 1998)

a. Estimar el volumen a contener:
   Determinar el área de captura de efluentes
   Determinar el valor de la precipitación anual total correspondiente al promedio del 10% de los años más húmedos de los últimos 20 años.
   Seleccionar un coeficiente de escorrentía
   Determinar la evaporación anual estimada para las condiciones climáticas del año antes descrito.
b. Definir el numero de lagunas de almacenamiento a construir: Se recomienda planificar más de una laguna de los tipos seleccionados de acuerdo a la producción de líquidos y la capacidad de evaporación de la región, comunicadas entre si. Estos diseños permiten un mejor control de los volúmenes y facilita la limpieza.

   Tamaño de las lagunas: Los tamaños son variables. Los citados a continuación se sugieren por facilidad de construcción y manejo:
   Lagunas aeróbicas:
      Ancho: 50 a 60 m
      Largo: 60 a 80 m
      Profundidad al pelo de agua: hasta 1,5 m.
   Lagunas anaeróbicas:
      Ancho: 40 a 60 m
      Largo: 50 a 70 m
      Profundidad al pelo de agua: 1,5 a 4 m

c. Determinar el período de almacenaje: El diseño de las lagunas depende del sistema adoptado. Si se opta por la construcción de una batería de lagunas aeróbicas, la capacidad total de contención deberá definirse de acuerdo a los volúmenes netos a retener, descontada la evaporación anual de los ingresos estimados anualmente, menos el uso anual. La incorporación de lagunas en serie puede ser progresiva, en la medida en que se acumula efluente. Por otro lado, si se opta por lagunas anaeróbicas como sitio de almacenamiento final, las lagunas aeróbicas se planearan para contener en máximo escurrimiento durante 6 meses, para drenar el exceso hacia las lagunas anaeróbicas. Con el transcurso del tiempo, el líquido acumulado pierde cali-

dad como fertilizante y se incrementa el desarrollo de agentes indeseables. El uso, luego de 6 meses de acumulación seria recomendable.

Un ejemplo:

Al efecto de integrar la información presentada precedentemente se desarrolla el siguiente ejemplo. El factor de mayor incidencia en el volumen de efluente generado es la precipitación anual. En segundo lugar inciden la superficie de la cual se colecta el efluente y la capacidad de evaporación neta (evaporación-precipitación) anual del medio. Sobre la base de un planteo de capacidad para 1200 animales y 2 ha de superficie de feedlot se estimó el volumen de efluente generado y se propuso un diseño de contención a través de lagunas aeróbicas y anaeróbicas. Se realizó el ejercicio para tres niveles de evaporación neta de 300, 500 y 900 mm anuales, que se corresponderían a tres ambientes diferentes, respectivamente (Cuadro 85).

Cuadro 85. Efecto de la capacidad de evaporación neta del ambiente sobre la magnitud del efluente retenido y el tamaño de los sistemas de evaporación, tratamiento y almacenamiento de efluentes en un feedlot con capacidad para 1200 animales y una superficie de captura de efluentes de 2 hectáreas.

	Región		
	húmeda	sub-húmeda	seca
Precipitación, mm	1000	800	600
Evaporación anual, mm	1300	1300	1500
Evaporación neta, mm	300	500	900
Superficie del feedlot, m^2	20000	20000	20000
Coeficiente escorrentía	0.7	0.7	0.7
Efluente generado, m^3	14000	11200	8400
Almacenamiento aeróbico			
Numero de lagunas	2	2	2
Ancho, m	50	50	40
Largo, m	70	60	60
Superficie., m^2	3500	3000	2400
Profundidad, m	1	1	1
Captación efluente, m^3/laguna	3500	3000	2400
Capacidad del sistema, m^3	7000	6000	4800
Capacidad anual, m^3	14000	12000	9600
Permanencia, meses	6	6	6
Evaporación/laguna, m^3	525	750	1080
Evaporación, m^3	2100	3000	4320
Efluente que egresa, m^3	11900	8200	4080
Almacenamiento anaeróbico			
Número de lagunas	2	2	1
Ancho, m	40	40	40
Largo, m	50	50	40
Superficie, m^2	2000	2000	1600
Profundidad, m	3	2	2
Captación efluentes, m^3/laguna	6000	4000	3200
Captación del sistema, m^3	12000	8000	3200
Evaporación/laguna, m^3	600	1000	1440
Evaporación, m^3	1200	2000	2880
Efluente retenido, m^3	10700	6200	2640
m^3/laguna	5350	3200	2640
Evaporado/producido, %	23.6	44.6	68.6
Efluente retenido/producido, %	76.4	55.4	31.4
Efluente retenido por animal, m^3	8.9	5.2	2.2

Se describen los elementos tenidos en cuenta para el caso del ambiente más húmedo citado en el Cuadro anterior:

1. Datos de escala y clima
   - Superficie de feedlot (incluye capacidad para 1200 animales en corrales, corrales de tratamientos y enfermería e instalaciones de preparación de alimentos, calles de distribución y canales recolectores de efluentes) = 2 ha.
   - Precipitación anual en año del percentil 90 más húmedo = 1000 mm.
   - Evaporación anual estimada para el año citado = 1300 mm.
   - Volumen anual de escurrimiento esperable a la salida de la pileta de sedimentación = 20000 m^2 x 1m precipitación x 0,7 CE = 14000 m^3.
   - CE = Coeficiente de escorrentía o de eficiencia de captura del escurrimiento superficial. El rango frecuente varia entre 0,5 y 0,8; dependiente de condiciones del suelo para la infiltración rápida, pendientes del terreno, temperatura del ambiente e intensidad de lluvias.
2. Cálculo del sistema aeróbico
   - Se propone la construcción de 2 lagunas aeróbicas de 1 m de profundidad de efluente con una capacidad de retención de efluentes por el periodo de 6 meses:
     Capacidad del sistema aeróbico = 7000 m^3
     Superficie de lagunas aeróbicas = 7000m^3/ 1m profundidad = 7000 m^2.
     Superficie por laguna = 7000 m^2/2 = 3500 m^2 o (50 m x 70 m).
   - Volumen egresado anualmente de las lagunas aeróbicas = 14000 m^3 – (1300 mm egreso por evaporación – 1000 mm ingreso por precipitaciones)/ 1000 mm/m x 7000 m^2 = 2100 m^3.
3. Cálculo del sistema anaeróbico
   - Volumen de efluentes ingresando = 14000 m^3 – 2100 m^3 = 11900 m3.
   - Se propone la construcción de 2 lagunas por lo que cada una de ellas deberá contener = 5950 m^3 (aproximadamente = 6000 m^3).
   - Las lagunas serán de 3 m de profundidad de efluente por lo que la superficie mínima de cada una de ellas seria = 6000 m^3 /3 = 2000 m2 (40 m x 50 m).
   - Descontada la evaporación que tendrá lugar durante el año, estas lagunas podrían ser diseñadas para contener 5350 m^3 o de una superficie de 1785 m^2 (40 x 45 m), pero debe tenerse en cuenta la pérdida de volumen por precipitación de solutos y la imposibilidad de remover todo el material durante el bombeo o limpieza. El mismo comentario es válido para las lagunas aeróbicas.

Finalmente, la cantidad de liquido recolectado en el sistema de almacenamiento luego de un año como el citado será de 10700 m^3 (14000 m^3 ingresados menos 3300 m^3 evaporados), volumen que deberá ser consumido anualmente en riego u otros usos. De acumularlo, deberá ampliarse la capacidad de almacenamiento del sistema.

Puede observarse en el Cuadro 85 el efecto directo de la precipitación sobre la generación de efluentes y el efecto opuesto del potencial de evaporación neta. En climas húmedos el efecto evaporante del ambiente es poco relevante y el sistema de efluentes no puede confiar en este proceso para reducir volúmenes significativamente. Por otro lado, la producción de efluente es mucho menor en un clima seco y el sistema de evaporación es altamente eficiente en reducir volumen de líquido emergente debido a una mayor evaporación potencial. En regiones húmedas las lagunas anaeróbicas de almacenamiento por tiempos prolongados serian inevitables, al igual que un programa de uso sistemático de efluentes líquidos. En climas secos por el contrario, un sistema que contemple lagunas de sedimentación y aeróbicas serían suficientes.

Sistema de evaporación (opcional)

El proceso de evaporación de agua es necesario para reducir los volúmenes a almacenar y manejar posteriormente. La evaporación se inicia en los corrales y continua hasta luego de apli-

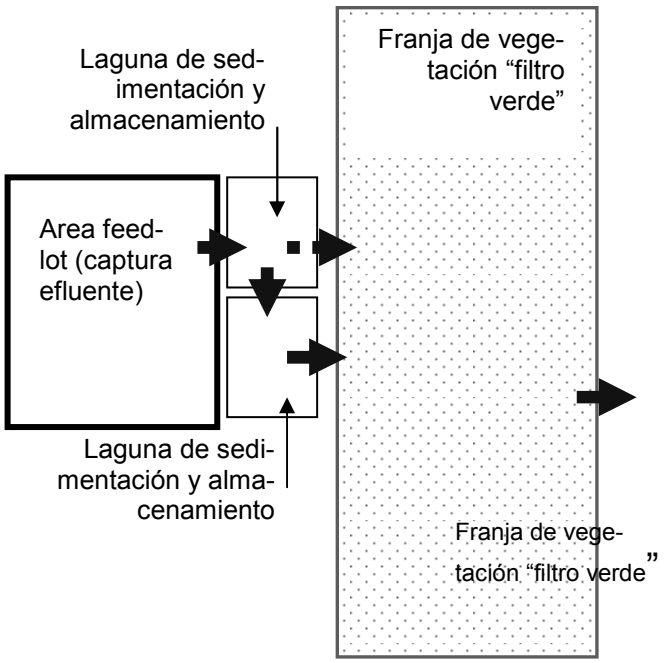
cado el efluente en el riego por aspersión. En los canales y lagunas de sedimentación constituyen una buena superficie de evaporación. En las lagunas de almacenamiento) ocurre una evaporación importante. Sin embargo, en climas húmedos y feedlots grandes puede ser necesario incorporar un sistema de evaporación adicional. Este tendrá como principio una amplia superficie de exposición de los líquidos a la energía solar (Sweeten, 1990). El proceso de decantación de solutos continúa en esta laguna por lo que se deberá planificar la alternativa de secado y limpieza periódica.

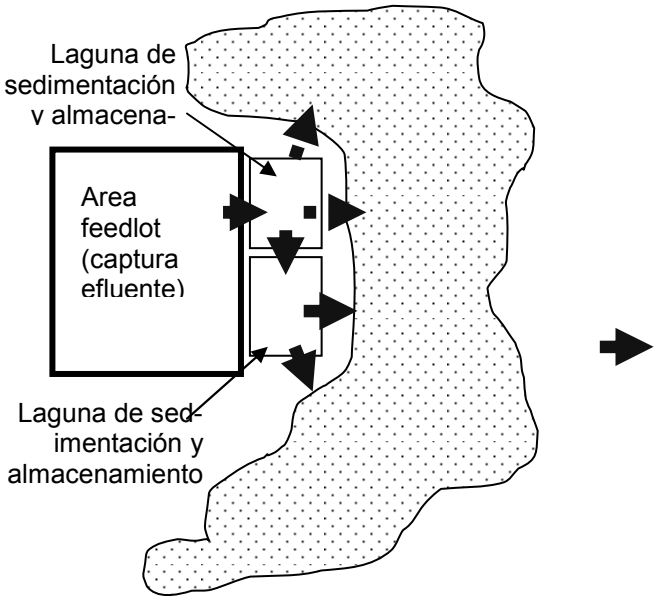
Esos sistemas evaporación se incorporan en la salida del sistema de sedimentación, previo al ingreso a las lagunas de almacenamiento. Clásicamente, se trata de una laguna muy poco profunda (0,50 m o menos de profundidad de efluente) que permita exponer a la evaporación la cantidad de efluentes generados en el feedlot durante 6 meses a 1 año. Su eficiencia depende del clima, de la disponibilidad de suelo apropiado para la construcción de un sistema impermeable y de la información hidrológica para asegurarse que es posible evaporar eficientemente. Un vertedero con compuerta, o tubos de descarga regulable deberán comunicar este sistema con el de almacenamiento de líquidos. Se recomienda una altura libre de 0,5 m y también como en los otros casos se debería incorporar un vertedero de rebalse hacia la laguna de almacenamiento para que en caso de sobrecarga el desborde ocurra en un sentido previsto y a velocidades no erosivas (NSW Agriculture, 1998).

Sistemas alternativos para el manejo de efluentes

La utilización de franjas de vegetación que operen de filtro verde de los efluentes se han difundido como una alternativa de menor costo, comparada con el alamacenaje y bombeo y riego por asperción o traslado en tanques regadores a predios agrícolas. En estos sistemas, se construyen lagunas de sedimentación y almacenamiento para corto tiempo y volúmnes limitados, las cuales drenan por desborde de vertedero regulable a sectores cultivados con especies vegetales de alta tasa de crecimiento y captura de nutrientes. Ese sector debería ser sistematizado para que se piegue por inundación. Se puede diseñar un sector de cultivos anuales de invierno y de verano sobre la misma superficie para continuar con una forestación de rápido crecimiento. El agua que continúa por pendiente hacia sectores más bajos, luego de pasar por estos filtros llega con menos del 10% de los sólidos totales con los que ingresara al filtro y el 1 % del nitrgógeno y yl fósforo iniciales (Ikenberry y Mankin, 2000; Fajardo et al. 2001;Woerner y Lorimor, 2002). Ikenberry y Markin (2000) observaron una remosión total de nitrógeno, fósforo y el 85% del amonio.

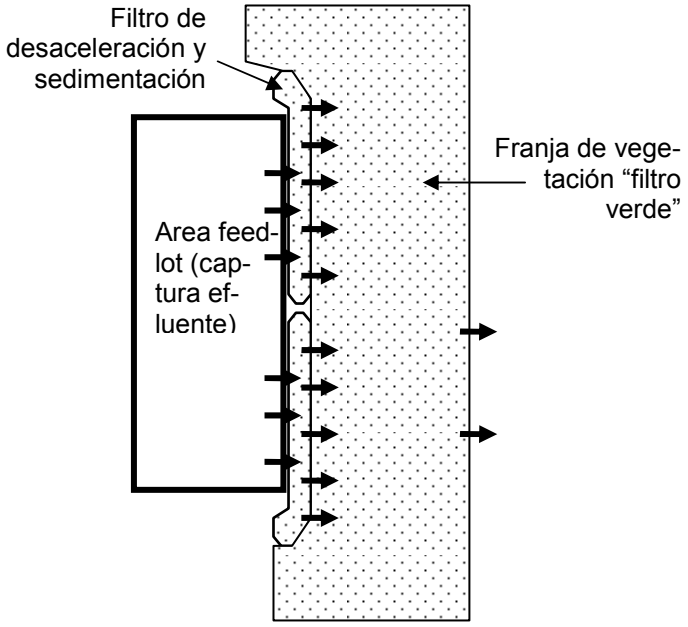
En un compilado de 10 estudios sobre área de filtro verde respecto de area de escurrimiento se concluyó que con una relación de 5 a 7 ha de filtro por cada 1 ha de area de captura se logró remover la casi totalidad del nitrógeno y del fósforo disuelto en en efluente en ambientes de 700 a 1000 mm de precipitación anual. Con un filtro verde de 100 m de ancho alrededor del feedlot de 500 animales se removió la casi totalidad del nitrógeno y del amonio en una experiencia de Dickey y Vanderholm (1981). Las formas de los filtros pueden ser diversas y no respetar figuras geométricas, sino adaptarse a la topografía y altimetría del área.



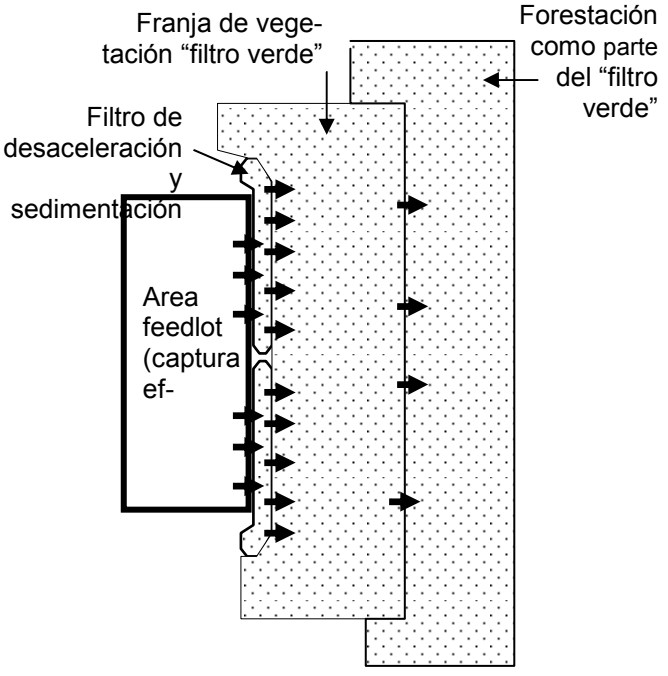


Por las dificultades de algunos emprendimientos de engorde a corral para rediseñar las instalaciones y adecuarlas a marcos normativos de baja contaminación, especialmente en suelos de muy alta infiltración (muy arenosos), se sugiere analizar diseños no tradicionales, que en regiones de precipitaciones moderadas pueden mitigar los efectos indeseables del escurrimiento de efluentes y su concentración en lugares bajos. En los esquemas que se visualizan arriba se describen diseños de recolección y disposición de efluentes que incluyen un sector de filtro de vegetación verde (doble cultivo anual), el que recoge del area de captura de efluntes con lagunas o sectores rugosos sistematizados para la desaceleración del efluente (filtro de vegetación de cobertura o sector de enlagunado compactado), el que desborda por pendiente.

El filtro verde, parafuncionar como tal, debería sembrarse con cultivos alta extracción de nutrientes y capacidad de evapotranspiración. La biomasa debería ser removida mediante ensilado o arrollado, sin exponer al pastoreo directo para evitar el reciclado de nutrientes al mismo sitio. En algunas experiencias se ha previsto el riego complementario con fuentes de agua adicionales para promover el lavado eventual de sales e incluso la dilusión previa del efluente acumulado en los primeros metros del frente del filtro.



La estructura de filtro verde podría acompañarse de una forestación en su área o círculo exterior que demande del agua excedente y termine la extracción de nutientes en mayor profundidad que la explorable por los cultivos anuales. Estos sistemas no han sido explorados en su eficacia para remover nutrientes potencialmtne contaminantes en Argentina, pero por sus características y el contexto y ubicación geográfica de muchos de los planteos de engorde a corral podrían ser los apropiados para establecimientos con pendientes moderadas, suelos arenosos y posibilidades agrícolas, en transición hacia sistemas de mayor estructura o de mayor escala.



Manejo del estiércol

Dependiendo de la digestibilidad de la dieta, un feedlot de 5000 cabezas puede producir entre 6000 y 9000 toneladas de estiércol anualmente. Un novillo de 450 kg produce un promedio de 38 litros o 27 kg de excrementos húmedos (orina y heces) por día, con una variación del 25% dependiendo del clima, el consumo de agua y el tipo de dieta. La reducción de la producción total de heces es el primer factor reductor de polución. Las dietas de baja fibra se caracterizan por digestibilidades mayores y menores emisiones.

Estimación de la producción

La estimación de la producción de heces está sujeta a las variaciones debidas al balance de nutrientes en función de los requerimientos del animal, de la digestibilidad y del consumo de alimento y agua, pero el factor de mayor incidencia es el peso vivo (PV, kg). Pero, a los términos del diseño del sistema se sugiere basar los cálculos en la ecuación que se detalla a continuación (NSW Agriculture, 1998).

1. Estimación de la producción anual de estiércol (PAE, kg MS) =

$$PAE = PV \cdot (PDH \cdot MSH + PDO \cdot MSO) \cdot MSE^{-1} \cdot ERE \cdot EUF \cdot AN \cdot D$$

Se requiere para ello información sobre:

El peso vivo (PV) medio de los animales en engorde,
la estimación de la producción promedio diaria de estiércol por animal en heces (PDH; kg/día)
la producción diaria de orina por animal (PDO, kg/día),
el contenido de materia seca de las heces (MSH, %)

2. el contenido de MS de la orina (MSO, %),
el contenido de materia seca en el estiércol al momento de la recolección (MSE, %),
la eficiencia de recolección del estiércol (ERE, %),
la utilización anual de esa capacidad potencial (EUF, %),
la capacidad del feedlot (AN, animales), y
la duración media de los engordes (D, días).

Ejemplo:

Si se asumen las relaciones presentadas abajo como valores medios aceptables, puede concluirse que un feedlot con capacidad para 1000 animales por año, un uso del 80% de esa capacidad, un período de engorde medio de 320 días y un peso vivo medio de 350 kg, produce 852,5 toneladas de MS de estiércol/año.

Producción diaria de heces frescas = 3,4 a 3,8 % del peso vivo
Producción diaria de orina = 1,2 a 1,8 % del peso vivo
Contenido de materia seca en heces = 20 a 30%
Contenido de materia seca en orina = 3 a 4 %
Eficiencia de recolección = 70%
Contenido de materia seca en estiércol = 70%

En los feedlots comunes construidos a cielo abierto y piso de tierra compactada, se remueven las excretas sólidas una o dos veces al año. Desde producido hasta su recolección, se produce una evaporación significativa del material fecal, alcanzándose valores de 70 a 80% de materia seca en la mayoría de los feedlots de climas sub-húmedos y secos. Se remueve aproximadamente 1 tonelada por animal y por año -estimación grosera y muy afectada por el tipo de animal, la dieta, el clima y la frecuencia de limpieza-.

Con el desecado y el pisoteo de los animales, el material pierde volumen, se concentra y densifica incrementándose su peso específico (Amosson et al, 1999; ASAE, 1988). Cuanto mayor es el período de permanencia de los excrementos en los corrales, mayores son las pérdidas de elementos móviles como el nitrógeno y el potasio y menor es el valor fertilizante de este material (Elliott et al., 1972).

Paralelamente, con la mayor permanencia promedio de las excretas en el corral se incrementan las emisiones de potenciales contaminantes del aire, del suelo y el agua. Aproximadamente la mitad del nitrógeno y 2/3 del potasio contenido en los excrementos se encuentra en la fracción líquida. El fósforo excretado se encuentra casi en su totalidad en la excreta sólida. En ese contexto, la pérdida de los líquidos reduce el valor del excremento y expone el sitio a la contaminación.

En la medida en que la carga animal de los corrales se incrementa, aumenta la producción de heces por corral, y la necesidad de limpiezas más frecuentes, por lo que aumenta la cantidad de material removido por animal, aunque es de menor peso específico (Amosson et al., 1999; Lott, 1994 a).

Acumulación

La mayor acumulación de estiércol ocurre en los sectores adyacentes a los comederos. En esas áreas, también el contenido de humedad es mayor. El ritmo de producción es mayor al de secado. En años lluviosos, y especialmente en instalaciones con problemas de escurrimiento o drenajes, las limpiezas periódicas en el área anexa a los comederos reducen problemas de anegamiento, suciedad y expresión de afecciones de las patas y enfermedades (NSW Agriculture, 1998).

El otro sector de alta concentración de heces es el contiguo a los bebederos. Se le suma aportes de agua por orina. Es un sector donde los animales frecuentemente orinan. También se aportan agua los rebalses por desperfectos o salpicado desde los mismos bebederos que los animales producen. Las limpiezas frecuentes reducen las acumulaciones de material fecal húmedo y problemas posteriores.

Debajo de los alambrados o cerco del corral ocurren también acumulaciones importantes de material fecal. Esa acumulación opera de embalse de aguas obstruyendo el movimiento de la escorrentía en el momento de lluvias y se produce el enlagunado de los corrales. Ese encharcado reduce el área de corrales, favorece el ablandamiento del piso, la infiltración y la erosión del suelo. Si persiste por mucho tiempo se ofrece un medio propicio para el desarrollo de bacterias, hongos e insectos (moscas, mosquitos, etc.), la producción de olores de fermentación y putrefacción y el desarrollo de enfermedades de las patas.

El área de contacto entre el borde del guardapolvos o vereda de cemento o suelocementado y el piso de tierra del corral suele ser otro espacio de erosión y acumulación de heces y agua. Es conveniente vigilar este sector permanentemente. En caso de un deterioro visible es necesario aportarle material de tierra y piedra o tosca y compactarlo bien, de lo contrario los animales lo remueven rápidamente.

Finalmente, en el sector de sombras, especialmente en las sombras dispuestas de este a oeste, se generan áreas de sombra permanente. En esos sectores se concentran los animales y la producción de heces es mayor que en otros. Puede ocurrir una acumulación importante de estiércol que será necesario remover o dispersar con mayor frecuencia que en el resto del corral.

Alomado (dormidero) en el corral

Algunos feedlots, especialmente en lugares sin pendientes, utilizan como alternativa para incorporar pendientes y compactar el estiércol el amontonado del mismo un sector del corral. El estiércol se amontona, compacta y aloma dándole formas redondeadas de fácil acceso para los animales. En esa loma continúa la descomposición del material y el secado por evaporación. La acción microbiana aeróbica y la evaporación del agua reducen al 50% la cantidad de material en

el tiempo. En su parte exterior, la loma permanece seca y los animales se suben a ella para echarse o alcanzar un lugar drenado y más seco durante una lluvia.

Esas lomas sirven para reducir el espesor del manto de excretas en el corral y la remoción de material acumulado en lugares críticos del mismo (cercos, comederos, bebederos y sombra), favorecer el drenaje y promover el secado rápido del piso. Por la preferencia por lugares altos que los animales demuestran, también sirve para dispersar a los animales en el corral. El empleo de estas lomas reduce la necesidad de limpieza de los corrales. Al menos, es factible espaciar las limpiezas a períodos de dos o tres años, o cuando se hace necesario reducir el tamaño de la loma en el corral. Permite también reducir los costos de remoción, particularmente si se contrata el servicio.

Para que la loma de material fecal cumpla su función deber ser confeccionada con prolijidad, en dimensiones adecuadas (ver lomas en capitulo de estructura) para no ocupar una superficie importante del corral o ubicarse en sectores donde se impida el drenaje rápido del corral. Debe ser bien compactada y mantenerse seca. Si no se logra estabilizar, los animales la dispersarán rápidamente y los efectos ser contraproducentes por la distribución de material suelto que se producirá en todo el corral, exponiendo al encharcamiento, a la retención de agua luego de una lluvia y al movimiento masal de la excreta y la formación de un barro fétido.

En el caso de remover lomas por su altura o tamaño, debería compactarse el área removida nuevamente y evitar que sea un sector donde los animales puedan trabajar con sus patas o cabezas aflojando el resto. Iniciada la remoción de una loma se debería remover su totalidad. Si se optara por utilizar la misma para re-nivelar el piso o darle pendiente, debería mezclarse con suelo adicional de buena capacidad de compactación y compactarse enérgicamente.

Aunque el uso de las lomas en corrales ha sido frecuente en los feedlots del hemisferio norte, no se recomienda diseñar corrales pensando en loma de estiércol como estrategia de manejo de las excretas y del drenaje. Son preferibles a corrales anegados o encharcados y con material fecal distribuido por todo el corral sin secar ni compactar. Pero deberían ser sólo una solución para diseños pobres, evitables en lo posible.

La retención del estiércol en los corrales por varios ciclos de engorde (años) reduce el valor fertilizante de ese material (u otros posibles usos), mantiene una alta carga de excretas en los corrales con lo que se incrementan las emisiones contaminantes de aire, agua y suelo, en especial si coinciden lluvias extraordinarias y períodos fríos, de baja evaporación, y se incrementa el riesgo de deterioro de patas y enfermedades infecciosas.

Entre las formas de contaminación, el olor indeseable es la manifestación de más corto plazo. La producción de ácidos grasos volátiles, aldehídos, alcoholes, sulfuros de hidrógeno y amonio, en procesos fermentativos ocurridos en el material fecal, se incrementa con la cantidad si el piso se mantiene húmedo. Retirado el estiércol de corral, su destino es la aplicación directa como fertilizante en un cultivo, el atrincherado y producción de compost para su uso posterior como abono o en generación de sub-productos.

Limpieza de los corrales

La remoción frecuente del estiércol y su aplicación directa en la tierra maximiza el valor fertilizante, reduce los riesgos de polución de aguas y aire y reduce el costo de los dobles manipuleos. Cargadores con pala frontal se utilizan comúnmente para limpiar los corrales. En feedlots grandes suelen utilizarse autocargadores con cepillos raspadores frontales. Normalmente se limpian los corrales cuando están vacíos entre salidas y entradas de lotes de animales. Se deberían limpiar dentro de los 5 días luego de salido el lote de animales para evitar el encostrado con la humedad diaria y lluvias eventuales. Si la cantidad de material acumulado excede los 15 o 20 cm de altura y ocurren lluvias, puede comenzar un flujo masal de la excreta (movimientos similares a

los de la lava volcánica) que ensucia todo a su paso, congestiona drenes y compromete el acceso a las calles y corrales. Este es otro motivo para mantener limpios los corrales.

La naturaleza de la excreta acumulada condiciona el procedimiento de limpieza. La acción de los animales resquebraja permanentemente las costras superficiales y promueve el desecado del suelo. Sin embargo, si la capa de material orgánico acumulado se encuentra altamente compactada y seca, será conveniente, antes de proceder con las palas de remoción, resquebrajar el manto superficial con equipos cortadores (rolos con cuchillas) y luego proceder al amontonado y carga del material. En algunos casos la carga directa con pala frontal es posible, pero el manto deberá superar los 10 cm de espesor (Lott, 1994 a). De lo contrario se corre el riesgo de romper la interfase endurecida de suelo estiércol.

Esa capa de suelo-estiércol de 2,5 a 5 cm de espesor y selladora de la superficie (Sweeten, 1990), opera de barrera a la infiltración y protege de la contaminación y de la erosión y debe ser preservada. La falta de compactación e impermeabilización de los suelos o la ruptura de la mencionada capa, es el principal motivo de infiltración y contaminación de freáticas (Mielke y Mazurak, 1976; Barrington y Jutras, 1983; Elliott et al, 1972). Estudios conducidos en California (Algeo et al., 1972) determinaron niveles de nitratos de 60 a 180 ppm a 50 cm de profundidad, apenas superiores a los niveles de los suelos adyacentes al feedlot.

En Nebraska, Schuman y McCalla (1975) determinaron niveles de 7,5 ppm en los primeros 10 cm de suelo y menos de 1 ppm a los 20 cm. En el mismo estudio, los niveles de amoníaco fueron de 35 ppm en los primeros 5 cm de profundidad y de 2 ppm a los 10 cm. Dantzman et al. (1983) reportaron similares efectos sobre el contenido de sales en suelos arenosos de Florida. En los primeros 25 a 30 cm el contenido de materia orgánica alcanzó 15% y el de sales totales a 4000 ppm en 10 a 15 años de feedlot permanente. Sin embargo, a los 50 cm de profundidad el contenido de materia orgánica no había cambiado y el contenido de sales era de 500 ppm.

Ante el riesgo de romper la capa de suelo-estiércol, es preferible dejar material y realizar una compactación mecánica para homogeneizar. En el caso de quebrarla o levantarla es necesario revisar los niveles topográficos y compactar el suelo nuevamente, incluso con el agregado de suelo de alta capacidad de compactación.

En los casos en que por alto contenido de humedad, la limpieza no resultare muy efectiva o fuese irrealizable será necesario reducir la carga animal de los corrales para reducir la presión sobre el suelo húmedo. Si esta situación es recurrente, deberá tenérsela en cuenta en el diseño de las instalaciones para contar con corrales vacíos, fusibles en momentos de mucha precipitación y riesgo de encharcamiento.

Atrincherado fuera de los corrales

El apilado de estiércol fuera de los corrales, recolectado en trincheras es la estrategia más común. Se selecciona un sitio alto de baja permeabilidad y buen drenaje, incluido en el área cubierta por el sistema de drenajes del feedlot para que los efluentes líquidos que se generen en el mismo escurran hacia el sistema de conducción de efluentes líquidos y hacia las lagunas o sectores de sedimentación, evaporación y almacenamiento. El estiércol se acumula en trinchera, apilándolo en capas para permitir mayor evaporación y acción microbiana aeróbica con el objetivo de lograr reducir su volumen y contenido de agua, especialmente si se está removiendo húmedo de los corrales (Powell, 1994).

El tamaño y la forma de las trincheras de estiércol es variable y no existen demasiadas pautas para ello. Se realizan apilados en la forma de hileras de 5 a 6 m de ancho por 2 a 3 m de altura en su cresta y por el largo que el sitio permita. Entre las hileras deberá dejarse una distancia de al menos 4 a 6 m para poder circular con palas o tractores. Es necesario mantener la aerobiosis en las trincheras de estiércol y el menor nivel de humedad posible. El apilado de cantidades grandes

y con alta humedad (por encima del 50%) favorece la putrefacción y puede generar combustión espontánea. Ante dudas con respecto a la distribución en láminas y su compactado para eliminar aire es conveniente mantener trincheras más bajas (menos de 2 m de alto; Sweeten, 1990). Se debería realizar determinaciones de temperatura entre los 50 cm a 1 m de profundidad para prevenir riesgos de combustión.

El lugar de de ubicación de las trincheras debe ser un sito alto, no anegable y con pendiente definida hacia un canal recolector del drenaje conectado al sistema colector de efluentes. Es conveniente que la profundidad a la freática supere el 1,5 m. Con respecto al tipo de suelo y el proceso de compactación le caven las mismas observaciones que a los corrales de alimentación. Debe también preverse una ubicación estratégica con respecto al diseño actual del feedlot o de su expansión para no bloquear o complicar el movimiento de camiones o animales, o el fácil acceso para depositar como extraer el estiércol.

Monitoreo de la composición del estiércol

El sector de trincheras no debería anegarse, sino escurrir rápidamente. Es conveniente monitorear la calidad del estiércol periódicamente (anualmente) para verificar cambios (pérdidas) de nutrientes, minerales, humedad y materia orgánica. El estiércol tiende a perder materia orgánica, elementos solubles o volátiles (N; P, K, S y Na, principalmente) y humedad en el tiempo (NSW Agriculture, 1998; Lott et al., 1994b). Aunque las pérdidas por volatilización pueden ser significativas en algunos casos, las de lixiviación y escurrimiento constituyen las más relevantes por el riesgo de contaminación localizada de aguas.

Se bebería iniciar el proyecto con una caracterización del sitio donde se acopia el estiércol: a) ubicación topográfica, b) textura del suelo hasta 1 m de profundidad, y c) profundidad mínima de la napa freática (NSW Agriculture, 1998). Las determinaciones periódicas deberían incluir: a) análisis de contenido de N, P, K, sales totales y coliformes del estiércol; y b) análisis anuales del contenido de de N y P en el perfil de suelo (5, 50 cm y 1m de profundidad).

Compostaje

En las trincheras o pilas de acumulación del estiércol fuera de los corrales puede promoverse la producción de *compost*. En ese caso, será necesario mantener las condiciones de aireación y humedad adecuadas. El *compost* producido puede ser utilizado como fertilizante orgánico por la propia empresa o vendido a terceros (Jones et al., 1995; Sweeten, 1988a).

La mayor ventaja del compostaje en medio aeróbico es la producción de un producto estable que puede ser conservado y transportado sin tener que soportar olores desagradables ni mover un material difícil de manejar y atrayente a las moscas (NSW Agriculture, 1998). Las condiciones deseables son: a) un nivel de humedad (inferior al 35 a 40%), y b) un tamaño uniforme de partícula, de textura friable, reducido en volumen y peso.

El compostaje aerobio destruye además la mayoría de los patógenos y las semillas de malezas. Es esencial sembrar el material orgánico con microorganismos para compost (lombrices) de origen comercial o con compost en formación que los contiene. Se formarán cordones de 1 a 1,80 m de alto. La trinchera debe poder ser mezclada e invertida al menos cada 3 semanas. Esa inversión promueve la aireación y recuperación de condiciones aeróbicas. En presencia de oxigeno aumenta la temperatura y la deshidratación y reduce la emisión de olores (Sweeten et al., 1988a). Para lograr una esterilización efectiva de patógenos es necesario lograr que la temperatura se eleve a por lo menos 55^{o}C durante 3 días consecutivos o a 53^{o}C por 5 días. Temperaturas de 60 a 70 ^{0}C serían ideales para eliminar la mayoría de la flora potencialmente patógena y las semillas de malezas (Wiese et al., 1998). La temperatura debe ser monitoreada a aproximadamente 60 cm de profundidad en la pila para asegurarse el efecto térmico esterilizante y destructor de la flora no deseable.

La relación C/N que ofrece el estiércol (10 a 15:1) es baja para el ideal en compostaje (30:1) (Sweeten, 1988a), por lo que seria conveniente incorporar fuentes de carbono como rastrojos de cosecha u otros residuos con mucha fibra (heno de rollos de forraje de baja callidad). La masa de *compost* debe alcanzar niveles de pH, humedad contenido de metales pesados, contenido de sal, fósforo, potasio y otros agentes con potencial contaminante acordes con las reglamentaciones para el comercio de compost. Esta reglamentación será propia de cada región o país.

La mayor desventaja del *compost* es el costo de la maquinaria y la mano de obra necesaria. También durante el proceso se pierde por volatilización una importante cantidad de nitrógeno cuando se parte de estiércol de feedlot porque la relación carbono: nitrógeno es generalmente baja en ese material. Por un lado se estabiliza el contenido de nitrógeno del fertilizante orgánico, pero por otro se pierde valor fertilizante del estiércol (NSW Agriculture, 1998).

Un pas adicional y alternativa en la utilización del estiércol es la producción de vermicompuesto. Se alimenta lombrices de alta capacidad de consumo de materia orgánica con el material, las que lo consumen produciendo biomasa en verme y un remanente semi humificado y homogéneo. El vermicompuesto es un buen acondicionador de suelo y fertilizante. La biomasa de lombrices puede ser utilizada incluso como suplemento animal. Contiene una composición en aminoácidos similar a la de la carne, excediéndola en contenido proteico (61% vs 51%).

Fertilización con líquidos y estiércol

Riego con efluentes líquidos

El objeto de establecer áreas a regar con los efluentes consiste en minimizar los riesgos de contaminación con los líquidos emanados del feedlot a través de la generación de un uso económico del agua, nutrientes y materia orgánica almacenados en la laguna de almacenamiento. Los cultivos o pasturas producidos bajo riego serán seleccionados por su alta capacidad de retención de nutrientes en biomasa aérea y la facilidad de cosecha mecánica del forraje (Clark et al., 1975a; Sweeten, 1990). Si la cosecha fuera por medio del pastoreo directo, el retorno de nutrientes al lote es muy alto y se reducen la capacidad del sitio para aceptar riegos frecuentes con líquidos efluentes de alta carga de nutrientes en solución (particularmente fuentes nitrogenadas y azufradas de alta movilidad). La capacidad del suelo de asimilar nutrientes es crucial. Los suelos arenosos tienen una muy baja capacidad de retención de nutrientes, los más francos o arcillosos tienen mayor capacidad.

En el diseño de la superficie a regar debe tenerse en cuenta la cantidad de agua a dispersar, calculo que debería hacerse teniendo en cuenta el volumen a colectar en un año correspondiente al 90% más húmedo conocido en los últimos 50 años del sitio. Dado que el aporte por lluvias es también importante en esas condiciones y el riego debe planificarse en base al déficit hídrico, la cantidad de agua de lluvia deberá ser sumada a los aportes y, en función de la demanda anual de los cultivos, se calculará la superficie mínima a disponer para no generar excedentes que resulten en la acumulación de residuales en la laguna de almacenamiento.

La tasa de carga anual de nitrógeno, fósforo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sales y carga hidráulica del efluente a regar deben ser calculados. En algunos casos será necesario inyectar agua común al riego para diluir la carga de sales y nutrientes, y ajustarla a la asimilación de los cultivos (Clark et al., 1975a,b).

La uniformidad de distribución del agua es esencial para no generar áreas de sobrecarga, por otro lado el clima y el tipo de cultivo definen la cantidad a incorporar y la eficiencia de uso del agua y de los nutrientes. En ambientes con alta capacidad de evaporación, climas cálidos, los efluentes a regar pueden ser menores en volumen pero más concentrados.

En los casos de climas templados, por otro lado, la evaporación puede ser escasa y consecuentemente la evapo-transpiración de grandes cantidades de agua sería el principal objetivo. Así, se seleccionarán distintos cultivos, algunos con alta producción de materia seca y alta eficiencia de conversión de agua en biomasa aérea para retener nutrientes (ej. maíz o sorgos), escenario de climas cálidos, o se seleccionarán cultivos de baja eficiencia de producción de biomasa por unidad de agua utilizada (ej. las leguminosas) (Wallingford et al., 1994; Butchbaker, 1973). En estos suelos irrigados con fertilizantes líquidos, la movilidad de los nutrientes es potencialmente alta por lo que se recomienda disturbar el suelo en la menor medida posible. Las labranzas aceleran la mineralización de la materia orgánica y aumentan la movilidad de los nutrientes.

Es conveniente disponer de un relevamiento topográfico del área y del perfil del suelo a regar. Entre las condiciones deseables del suelo a regar se incluirían:

Capacidad de carga hidráulica del suelo,
permeabilidad en la superficie,
baja salinidad a través del perfil,
bajo nivel de sodio
bajo contenido de nitratos,
alta capacidad de adsorción de fósforo,
freática profunda (más de 1 m),
ausencia de estratos endurecidos limitantes de la profundidad antes del metro de perfil

Se sugiere que el área:

no tenga antecedentes de inundación
no exista en la proximidad recursos hídricos superficiales o drenajes no dimensionados para recibir excedentes del área a regar
sea homogénea,
las pendientes sean suaves o inexistentes.

Será también necesario realizar muestreos periódicos de nutrientes y física de suelos para detectar:

Acumulación de algunos nutrientes,
desbalances de elementos nutrientes,
incrementos de salinidad y de sodio,
necesidad de yeso para reducir el efecto de alto contenido de sodio (natricidad), y
necesidad de lavado para reducir salinidad.

Calidad de los efluentes

Las características de la dieta, la frecuencia e intensidad de las lluvias, el tamaño y diseño de los corrales y la frecuencia de limpieza de las excretas condicionan la cantidad y composición del efluente. El Cuadro 52 muestra resultados medios de análisis de efluentes generados durante una lluvia sobre áreas de feedlot.

Los niveles de nitrógeno varían en el rango de 20 a 400 mg/litro, mayoritariamente en la forma de amonio. La salinidad (medida en CE) varía en 2 a 15 dS/m y las concentraciones de sodio (en SAR) de 2,5 a 16. Los niveles de fósforo se ubican en el rango de 10 a 150 mg/litro y los sólidos totales entre los 2000 y 15000 mg/litro (NSW Agriculture, 1998; Marek et al., 1994).

La carga de nutrientes de los efluentes es comúnmente inferior a la demanda de los cultivos utilizables en un área de riego, al menos en términos anuales. Sin embargo, no puede ajustarse el riego a la demanda de nutrientes, sino a la de agua (Powers et al., 1973). Si se utilizara el primer criterio, se podría exceder la carga hídrica tolerable y se promovería la lixiviación y la escorrentía. Adicionalmente, se expondría a incrementos de la salinidad a niveles intolerables por las plantas. El grado de salinidad del efluente tipo de feedlot es demasiado alto para el riego directo. Determinaciones realizadas en EEUU indican que efluentes almacenados en lagunas de almacenamiento pueden alcanzar conductividades eléctricas de hasta 15 dS/m. El mayor contribuyente a ese nivel de salinidad es el cloruro de potasio, seguido del cloruro de sodio y el de amonio.

Cuadro 86. Contenido de nutrientes en efluentes de feedlot contenidos en lagunas de almacenamiento

	Australia[1]	Texas	
		Planicies altas[2]	Sur[3]
	mg/litro		
Sólidos totales	-	2470	-
DQO	2100	1100	-
DBO	500	-	-
Nitrógeno	148	180	145
Fósforo	40	45	43
Potasio	460	1145	445
Sodio	260	230	256
Calcio	100	180	99
Magnesio	72	20	72
Cloro	620	1000	623
SAR	4,6	4,2	4,6
CE (dS/m)	4,5	4,5	4,5
pH	8,0	-	-

[1] NSW Agriculture (1998)
[2] Clark et al. (1975b)
[3] Sweeten et al. (1981)
CE = Conductividad eléctrica (medida de salinidad), dS/m = deci-Siemens/m
DQO = Demanda química de oxígeno
DBO =Demanda biológica de oxigeno,
SAR = Relación de absorción de sodio.

El agua utilizada para riego tiene entre 0,6 y 1,4 dS/m y es muy segura desde el punto de vista del riesgo de salinización cuando su CE es inferior a los 0,8 dS/m, pero por sobre los 2,5 dS/m es tolerada por pocos cultivos y pasturas. La salinidad reduce la producción de forraje, la eficiencia de captura de los nutrientes y degrada la calidad del suelo en el largo plazo. Muy probablemente en todos los casos se deberá diluir con agua de bajo contenido de sales totales si se plantea cubrir déficit hídricos con agua proveniente de efluentes de feedlot (Marek et al., 1994, 1995; Sweeten, 1976).

Teniendo en cuenta los factores ambientales y los de calidad del efluente antes citados, el rango de aplicaciones es muy amplio. Varía entre 100 y 1000 mm anuales. El riesgo de acumulación de sodio se acentúa en los valores mayores, con efectos degradantes del suelo. Con ese tipo de lámina anual es conveniente prever lavados del suelo y un sistema de drenajes del lote bajo riego como para contener y manejar los excedentes.

El manejo del efluente líquido debería plantear un programa de uso. Se listan a continuación aspectos a tener en cuenta en el diseño del programa y a monitorear previo y posterior a las aplicaciones. Sería conveniente la opinión técnica de un especialista en riego y fertilización para ajustar el programa.

Antes de aplicar:

- Determinar el contenido de N, P, K y sales totales del efluente.
- Determinar las características de textura del suelo y su capacidad de retención hídrica.
- Relevar el régimen hídrico del sitio a regar
- Describir el balance hidrológico probable.
- Seleccionar cultivos a utilizar y justificar su inclusión en función de su potencial para capturar nutrientes en biomasa vegetal.

- Determinar el nivel de aplicación de efluente máxima anual posible de acuerdo a la capacidad de captura de nutrientes en suelo y vegetación y los límites impuestos por el contenido de sales.
- Asignación de superficies. Con la información precedente calcular la superficie a regar.
- Seleccionar la superficie de acuerdo a pautas recomendadas con respecto a: a) textura de suelos, b) pendientes, c) distancias a centros poblados, d) distancia a acuíferos superficiales y pozos de agua, e) profundidad mínima de la freática, f) capacidad de evapotranspiración y captura de nutrientes por los cultivos y g) precipitación en la estación de crecimiento y anual.
- Confeccionar un plano con la ubicación topográfica de la superficie a regar. Incluir la información citada arriba.
- Describir la tecnología de los cultivos a desarrollar y los momentos convenientes de aplicación de los efluentes líquidos.
- Definir el sistema de cosecha y destino del forraje a producir.

Luego de aplicaciones recurrentes:

- Determinar periódicamente (anualmente) el contenido de N, P, K, sales totales, y el pH en el perfil de suelo a los 0 a 20, 20 a 60 y 60 a 1m de profundidad. El análisis de la evolución de los contenidos de nutrientes y sales permitirá hacer correcciones en la dosificación y momento de aplicación para prevenir lixiviación de contaminantes y salinizacion del suelo.
- Determinar contenido de nutrientes en pozos de agua y acuíferos superficiales
- Determinar el perfil nutricional (macro y micro-minerales relevantes: N, P, S, K, Ca, Mg, Bo, Mo, Se, Zn, Mn, Al y Cd) de los forrajes producidos en el lote y contenidos en el suelo. Estos análisis permitirán la identificación de desbalances nutricionales debidos a carencias o efectos competitivos entre elementos que resulten en carencias o acumulaciones toxicas para las plantas como para los consumidores del forraje generado.

Abonado con estiércol

El manejo del estiércol debería plantear un programa de uso semejante al planteado para el uso de efluentes líquidos. Sería conveniente la opinión técnica de un especialista en fertilización con abonos para ajustar el programa. En términos estimados, una tonelada de excrementos de bovinos de feedlot contiene cerca de 5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 4 kg de potasio. Si no se considera la fracción líquida, el excremento resulta en 2,5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 0,8 kg de potasio (1kg K_2O). Determinaciones en varios feedlots de EEUU indicaron que el excremento promedio de feedlot contiene entre 2 y 2,5% de nitrógeno, 0,3 a 0,8 % de fósforo y 1,2 a 1,8 %de potasio en base seca (Mathers y Stewart., 1971, Mathers et al., 1975; Arrington y Pachek, 1981; Sweeten y Amosson, 1995). Investigaciones australianas (NSW Agriculture, 1998) sugieren rangos de 0,7 a 3% de nitrógeno, 0,2 a 1,4% de fósforo, 0,7 a 4% de potasio sobre base seca y un contenido de humedad del 9 al 54% para cálculos de mínimos o máximos según se lo requiera. A manera de ejemplo adicional, en el Cuadro 87 que sigue se resume información de composición química de muestreos realizados en feedlots de Australia (NSW Agriculture, 1998).

El clima, la dieta, el tipo de instalaciones y la limpieza afectan la composición final de la excreta acumulada en los corrales. Debido a esta gran variabilidad en los contenidos, particularmente de nitrógeno, es conveniente producir información local para ajustar las estimaciones de las concentraciones de elementos en la excreta recientemente producida y la que se remueve periódicamente de los corrales. La primera permitirá conocer las diferencias que se pierden por volatilización, o disuelta en los efluentes líquidos vía lixiviación o movimiento superficial. La segunda calificará la composición de la excreta que se pretende introducir en un programa de uso.

Cuadro 87. Contenido de nutrientes en excreta de feedlot en Australia (base seca)[1]

Nutriente	Promedio	Rango
Materia seca, %	70,50	50 a 90
Nitrógeno, %	2,19	1 a 3
Fósforo, %	0,83	0,4 a 1,3
Potasio, %	2,51	1,5 a 4
Magnesio, %	0,98	0,5 a 1,3
Azufre, %	0,49	0,2 a 0,7
Carbono orgánico, %	12,00	5 a 16
Sodio, %	0,69	0,3 a 1,3
Cloro, %	1,50	0,7 a 2,3
Zinc, mg/kg	154	80 a 283
pH	6,63	5,5 a 8,6

[1] Información de 50 muestras analizadas de feedlots del sur de Queensland, Australia (Evan Powell, NSW Agriculture, 1998).

Como regla general se sugiere disponer de 1 ha a fertilizar cada 20 a 25 animales en el feedlot, en sistemas de secano. En áreas bajo riego, con cultivos de mayor intensidad, se utiliza una relación de 1 ha por cada 10 a 15 animales. Si se implementan algunas prácticas de manejo y manipulación de las dietas podrían reducirse las emisiones de nitrógeno en las excretas y consecuentemente podría incrementarse el número de animales por superficie a fertilizar.

Al igual que el planteo de uso de líquidos, los cultivos producidos en el área fertilizada deben ser cosechados y extraídos del predio. El pastoreo directo extrae a una tasa muy lenta, no compatible con un planteo de fertilizaciones recurrentes. Podría ser más seguro disponer de una superficie mayor y tener así mayor flexibilidad en la forma de cosecha del forraje. El monitoreo de los efectos de la aplicación sobre las propiedades del suelo y sobre la calidad de aguas es necesario para realizar ajustes en la tasa, forma y momento de aplicación de estos fertilizantes orgánicos.

Aplicaciones de 8 a 15 toneladas de excreta (en base seca) provee suficiente nitrógeno para la mayoría de los cultivos en secano y retrasa o evita la salinización. Aplicaciones de 22 toneladas de excremento por hectárea, con 35 a 50% de humedad, proveen la base nutricional de maíz, sorgo o trigo bajo riego (Mathers y Stewart, 1984). Se recomienda generalmente fertilizar de acuerdo a los requerimientos de nitrógeno o demanda de agua de los cultivos (NSW Agriculture, 1998). El cálculo de las aplicaciones dependerá de la demanda del cultivo y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo. El exceso de estiércol resulta en lixiviación y movimiento superficial de nutrientes e incrementa el riesgo de salinización. Niveles de 70 a 100 toneladas por hectárea han permitido producciones sin limitantes nutricionales en varios cultivos de sorgo y maíz, pero cantidades superiores han deprimido los rendimientos, provocado salinización, daño a la producción y contaminación por lixiviación. Debe tenerse en cuenta en los cálculos la disponibilidad de los nutrientes aportados por el abono.

Los nutrientes estarán accesibles para los cultivos cuando la materia orgánica aplicada al suelo sea degradada y los nutrientes sean liberados en formas solubles. Este proceso no es instantáneo, solamente la mitad del nitrógeno aplicado estará disponible para el cultivo en el primer año. El remanente, de degradación más lenta, se va liberando en los años sucesivos por la acción microbiana. La eficiencia de captura del nitrógeno por la vegetación ocurrirá en los meses de crecimiento vegetativo de la planta, poco ocurre durante meses fríos o de cultivos en dormancia. Asimismo, el nitrógeno es el elemento de mayor movilidad, se volatiliza, lixivia o escurre y pierde en el agua de superficie si no se lo captura en biomasa vegetal. Es conveniente fertilizar en la línea

de siembra de los cultivos para aumentar la eficiencia de captura y reducir las pérdidas por lixiviación.

En cuanto al potasio aportado, el abono de feedlot contiene nitrógeno y potasio en relaciones similares a las requeridas por la mayoría de las plantas, por lo que al fertilizar por requerimientos de nitrógeno con excreta bovina se fertiliza también con potasio en las proporciones deseables. Las altas cargas de potasio en el agua son raramente un problema en las áreas de riego por la alta capacidad de los suelos de retener potasio. Sin embargo, como para los otros nutrientes, el elemento debe integrarse a la solución acuosa del suelo para poder ser capturado por la matriz coloide y retenido.

El abono orgánico aporta también cantidades importantes de fósforo. Este elemento es el menos móvil, poco susceptible a la lixiviación pero puede incrementar su tasa de migración cuando el suelo excede las posibilidades de absorción y retención del nutriente. Las fertilizaciones recurrentes con excreta incrementan el nivel de fósforo del suelo. Existe riesgo de sobrecarga de fósforo, particularmente en suelos con limitada capacidad de retención hídrica. En esos casos podría ser conveniente fertilizar de acuerdo a la demanda de fósforo y complementar la posible carencia de nitrógeno con una fertilizante químico (ej. urea). En esos mismos casos, las rotaciones con leguminosas permitirían también mejorar el balance del nitrógeno sin deteriorar el del fósforo.

La fertilización distribuida en varias aplicaciones escalonadas favorece la respuesta, aumenta la eficiencia de captura de los nutrientes y reduce los riesgos de lixiviación y movimiento superficial por lluvias. La incorporación al suelo con una labranza superficial también mejora la eficiencia de uso de los nutrientes, en particular del nitrógeno por reducir su volatilización y acelerar la nitrificación. Dados los volúmenes de aplicación, deben tenerse en cuenta los posibles movimientos con precipitaciones y escorrentías en el potrero, pudiéndose generar sectores de déficit y otros de sobrecarga, siendo estos últimos también los topográficamente más bajos y de menor profundidad de suelo hasta el nivel freático.

Con la aplicación de abonos orgánicos la respuesta más rápida y visible es al nitrógeno, luego al fósforo y a los otros elementos que se aportan y pudieran estar en déficit en el suelo (Mathers y Stewart, 1984; Sweeten, 1979, 1984). Frecuentemente se menciona a las aplicaciones de abonos como correctores también de deficiencias de micro nutrientes y capacidad buffer. Las mejores respuestas a la fertilización orgánica se verifican en suelos de textura franca con bajos niveles de nitrógeno y fósforo. Aún en esas condiciones se recomienda fertilizar con el mínimo necesario para retardar el incremento excesivo de fósforo, e incluso pensar en el complemento con urea u otro oferente de nitrógeno solamente.

Existe un efecto postergado o residual de la aplicación de abonos orgánicos que debe ser tenida en cuenta en el ajuste de fertilidad en años sucesivos (Mathers et al., 1975). El monitoreo de macro-nutrientes como azufre, magnesio, potasio y sodio es necesario para evitar excedentes perjudiciales. El aporte de micro-nutrientes en estas aplicaciones es menos relevante desde el riesgo de contaminación y bloqueo de otros elementos. Por otro lado, es factible que se pueda dar una mejora de la estructura edáfica (mayor capacidad de retención de nutrientes y agua) debido a los aportes de estiércol al suelo, pero tal efecto no se detectará hasta pasados 4 o más ciclos o años (Mathers y Stewart, 1981).

Las pendientes del lote constituyen otro factor condicionante de la magnitud y frecuencia de las aplicaciones de abonos líquidos o sólidos. En lotes con pendientes mayores al 1,5% y que serán sujetos de fertilizaciones recurrentes con efluentes líquidos o estiércol, sería conveniente construir almacenamientos de tierra o bordes en los lados hacia donde la escorrentía superficial se dirige, si dicho escape pone en riesgo recursos hídricos u otra construcción próxima (NSW Agricultura, 1998; Lott et al., 1994b). Esa bordura servirá de almacenamiento temporal permitiendo que el agua encuentre una vía de salida planeada previamente.. Franjas de vegetación natural o

implantada que operen de barrera adicional ayudan también a retardar y disminuir el escurrimiento. Finalmente, se debería evitar fertilizaciones con abonos orgánicos en áreas de pendiente con distancias menores de 100 m a cursos o fuentes de agua. Tampoco se debe aplicar efluentes líquidos o estiércol en áreas de alta recarga de acuíferos ni sobre suelos salinos (Mathers y Stewart, 1984).

Por último, se debería evitar lotes para fertilización con estiércol que se encuentren muy próximos a sectores poblados o de recreación. El estiércol recientemente distribuido genera olores que pueden resultar muy molestos a las personas si la incidencia por proximidad o magnitud es alta (NSW Agriculture, 1998) . Es importante tener en cuenta el sentido de los vientos predominantes y la época de fertilización. La incorporación inmediata en el suelo reduce el efecto. La homogeneidad de distribución es otro factor, amontonamientos de excrementos prolongan la producción de olores. Si se distribuyen líquidos, la aspersión realizada lo más próxima al suelo evitará la deriva con el viento y el transporte de olores a áreas vecinas.

Manejo de animales muertos

Entre las muertes en el feedlot, las emergentes de síndromes nutricionales (acidosis e impactación ruminal) son las más frecuentes correspondiéndose con el 90% de los casos, le siguen en importancia las muertes por accidentes (golpes, quebraduras) y muerte súbita. Todos los animales muertos por estas causas, otras de tipo viral o tipologías baja infectividad pos-mortem se pueden degradar y digestar biológicamente en el mismo predio. Aunque no existen normativas únicas, varios feedlots comerciales de alta escala utilizan la confección de camas de estiércol, fibra y animales muertos en trinchera.

Ello implica hacer una cama de tipo catre de madera con palets de transporte u otro tipo de estructura de para permitir la circulación de aire dentro de la trinchera. Sobre estos catres se apoyan los animales muertos en fila, de a pares o de a uno, sobre estos se deposita una capa de estiércol de las trincheras de apilado ya existentes o de corrales en limpieza de unos 20 a 0 cm, luego se debería desplegar heno de rollos de paja o pasto de baja calidad o de descarte y cubrir nuevamente con estiércol. Es importante abrir el abodomen de los animales muertos para un acceso rápido del material se que le aplica y se genere una rápida degradación. Luego de dos o 3 días es necesario reponer estiércol sobre la trinchera cubriendo totalmente a los animales. En poco tiempo, la circulación de aire desde abajo y la disponibilidad de fibras y estiércol generará una degradación total de los animales.

Luego de 15 días d degradación el tamaño de la trinchera se achicará permitiendo apilar otra fila de animales por encima, con la misma metodología de incorporar heno y estiércol. Este segundo apilado no es necesario por lo que podría iniciarse una trinchera al lado de la anterior. Sobre estas trincheras se puede continuar el apilado de estiércol de limpieza de los corrales. En el tiempo, los animales muertos que dieron origen a esas trincheras habrán desaparecido totalmente, incluso con degradación de huesos. En algunos casos se propone impermeabilizar el piso con plasticos, esta estrategia no sería la mejor ya que la infiltración de líquidos en el sitio, si no se inunda con escorrentía u otras fuentes de agua, no sería de significancia.

Los animales que se diagnostiquen muertos por enfermedades infecciosas de riesgo (ej. mancha, gangrena, carbunclo) se deberían trasladar a un sector alejado del feedlot, sin arrastre, con pala o carro de trasporte destinado a ese fin, evitando el contacto con superficies, maquinarias o alimentos del feedlot, y otros animales. Preferentemente, el sector debería ser alto y recluido, donde se procederá al tratamiento con cal y posterior incinerado (esta casuística se presupone muy baja o inexistente y su manejo no difiere de lo sugerido para planteos pastoriles tradicionales). El incinerado es fundamental ya que el tratamiento con cal no asegura la destrucción total de los factores de riesgo.

Bibliografía

Algeo J.W., Elam C.J., Martinez A. y Westing T. 1972. Feedlot air, water, and soil analysis: Bulletin D, How to Control Feedlot Pollution. California Cattle Feeders Association, Bakersfield, CA.

Amosson S.H., Sweeten J.M. y Weinheimer B. 1999. Manure handling characteristics of high plains feedlots. Special Report. Texas Agricultural Extension Service, Amarillo, TX.

Arrington R.M. y Pachek C.E. 1981. Soil nutrient content of manures in an arid climate. Conference on Confined Animal Production and Water Quality. GPAC Publication 151. Great Plains Agricultural Council, Denver, CO. pp 259-266.

ASAE (American Society of Agricultural Engineers). 1988. Manure production and characteristics. ASAE D-384-1. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Barrington S.F. y Jutras .J. 1983. Soil sealing by manure in various soil types. Paper 83-4571. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Butchbaker A.F. 1973. Feedlot runoff disposal on grass or crops. L-1053. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University DPE-752 I, Great Plains Beef Cattle Feeding Handbook, Amarillo.

Clark R.N., Gilbertson C.B. y Duke H.R. 1975a. Quantity and quality of beef feedyard runoff in the Great Plains. In: Managing Livestock Wastes, Proceedings of the third International Symposium on Livestock Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 429-431.

Clark R.N., Schneider A.D., Stewart B.A. 1975b. Analysis of runoff from southern Great Plains feedlots. Trans ASAE 15(2):3l9-.322.

Dantzman C.L., Richter M.F. y Martin F.G. 1983. Chemical elements in soils under cattle pens. J Environ Qual 12(2):164-168.

Elliott L.F., McCalla T.M., Mielke L.N., Travis T.A. 1972. Ammonium, nitrate and total nitrogen in the soil water of feedlot and field soil profiles. Appl Microbiol 23:810-813.

Gilbertson C.B., Clark R.N., Nye J.C. y Swanson N.P. 1980. Runoff control for livestock feedlots: state of the art. Trans ASAE 23(5):1207-1212.

Gilbertson C.B., Nienaber, J.A., Gartrung I.L., Ellis J.R. y Splinter W.E. 1979. Runoff control comparisons for commercial beef feedlots. Trans ASAE 22(4):842-849.

Gilbertson CB, Nye J.C., Clark R.N. y Swanson NP. 1981 Controlling runoff from feed- lots. Aa state of the art. Ag Info Bulletin 441. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC.

Jones, O.R., Willis, W.M., Smith, S.J. y Stewart, B.A. 1995 Nutrient cycling of cattle feedlot manure and composted manure applied to southern high plains drylands. In: Steele K (ed) Animal Waste and the Land-Water Interface. Proceedings of Animal Waste in the Land-Water Interface Conference, Fayettevilie, AR, July 16-19. Lewis, Baton Rouge, pp 265-272.

Lehman O.R. y Clark R.N. 1975. Effect of cattle feedyard runoff on soil infiltration rates. J Environ Qual 4(4):437-439.

Lehman, O.R., Stewart, B.A. y Mathers, A.C. 1970. Seepage of feedyard runoff water im pounded in playas. MP-944. Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University, College Station, TX.

Lott, S.C., Watts, P.J. y Burton, J.R. 1994a. Runoff from Australian cattle feedlots. In: Balancing Animal Production and the Environment, Proceedings, Great Plains Animal Waste Conference on Confined Animal Production and Water Quality. GPAC Publication 151. Great Plains Agricultural Council, Denver, CO. pp 47-53.

Lott, S.C., Powell, E. y Sweeten, J.M. 1994b. Manure collection, storage and spreading. In: Watts PJ, Tucker R (eds) Designing Better Feedlots. Queensland Department of Primary Industries, Toowoomba, Queensland, Australia.

Loudon, T.L., Jones, D.D., Peterson, J.B., Backer, L.F., Bragger, M.F., Converse ,J.C., Fulhage, C.D., Lindley, J.A., Melvin, S.W., Person, H.L., Schulte, D.D. y White, R.K.

1985. Livestock Waste Facilities Handbook. MWPS-l 8, 2nd Ed. Midwest Plan Service, Iowa State Univer sity, Ames, IA, pp 2.1-2.2; 5.1-.9.

Marek, T.H., Harman, W.L. y Sweeten, J.M. 1994. Irrigation and runoff water quality implica tions of high load, single frequency (HLSF) applications of feedlot manure. In: Balancing Animal Production and the Environment, Proceedings, Great Plains Animal Waste Conference on Confined Animal Production and Water Quality. GPAC Publication 151. Great Plains Agricultural Council, Denver, CO. pp 199-124.

Marek, T.M., Harman, W.L. y Sweeten, J.M. 1995. Infiltration and water quality inferences of high load, single frequency (HLSF) applications of feediot manure. In: Proceedings, Innovations and New Horizons in Livestock and Poultry Manure Management, Vol. 1, Sept 6-7, 1995, Austin, Texas. Texas Agricultural Extension Service and Texas Agricultural Experiment Station, College Station, TX, pp 162-169.

Mathers, A.C. y Stewart, B.A. 1971. Crop production and soil analysis as affected by appli cation of cattle feedlot waste. In: Livestock Waste Management, Proceedings of the Second International Symposium on Livestock Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 229-231, 234.

Mathers, A.C. y Stewart, B.A. 1981. The effect of feedlot manure on soil physical and chem ical properties. In: Livestock Waste: A Renewable Resource, Proceedings of the Fourth International Symposium on Livestock Waste, 1981. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 159-162.

Mathers, A.C. y Stewart, B.A. 1984. Manure effects on crop yields and soil properties. Trans ASAE 27(4): 1022-1026.

Mathers, A.C., Stewart, B.A. y Thomas ,J.D. 1975. Residual and annual rate effects of manure on grain sorghum yields. In: Managing Livestock Wastes, Proceedings of the Third International Symposium on Livestock Wastes, 1975. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Mielke, L.N. y Mazurak, A.P. 1976. Infiltration of water on a cattle feedlot. Trans ASAE 19(2):34l -344.

Mielke, L.N., Swanson, N.P. y McCalla, T.M. 1974. Soil profile conditions of cattle feedlots. J Environ Qual l3(1):14-17.

Miller, W.D. 1971. Infiltration rates and groundwater quality beneath cattle feedlots, Texas high plains. Final Report 16060 EGS. Water Quality Office, U.S. Environmen tal Protection Agency, Washington, DC.

Nienaber, J.A., Gilbertson, C.B., Klopfenstein, T.J., Palm, S.D. y McCalla, T.M. 1974. Animal performance and lot surface conditions as affected by feedlot slope and animal densities. In: Proceedings, International Livestock Environment Symposium, Lincoln, NE, pp 130-137.

NSW Agriculture, 1998. The New South Wales feedlot manual. The Inter-Department Committee on Intensive Animal Industries (Feedlot Section) (2nd ed.): Update 98/I.

Phillips, P.A. y Culley, J.L.B. 1985. Groundwater nutrient concentrations below small-scale earthen manure storage. In: Agricultural Waste Utilization and Management, Proceedings of the Fifth International Symposium on Agricultural Wastes. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp 672-679.

Phillips, R.L. 1981. Maps of runoff volumes from feedlots in the United States. In: Live stock Waste: A Renewable Resource, Proceedings of the Fourth International Sympo sium on Livestock Waste. American Society of Agricultural Engineers, St. Josepk, MI, pp 274-277.

Powell, E.E. 1994. Economic management of feedlot manure. Final Report, Parr. 2. Evan Powell Rural Consultants, Dalby, Queensland, for Meat Research Corpo ation con tract M.087, Sydney, NSW, Australia.

Schuman, G.E. y McCalla, T.M. 1975 Chemical characteristics of a feedlot soil profile. Soil Sci 119(2):113-118.

Smith, S.J., Sharpley, A.N., Stewart, B.A., Sweeten, J.M. y McDonald, T. 1994. Water quality implications of storing feedlot waste in southern Great Plains playas. In: Balancing Animal Production and the Environment, Proceedings, Great Plains Animal Waste

Conference on Confined Animal Production and Water Quality. GPAC Publication 151. Great Plains Agricultural Council, Denver, CO. pp 267-270.

Swanson, N.P., Lorimor, J.C. y Miejke, L.N. 1973. Broad basin terraces for sloping cattle feedlots. Trans ASAE 16(4):746-749.

Swanson, N.P., Mielke, L.N. y Ellis, J.R. 1977. Control of beef feedlot runoff with a waterway. ASAE Paper 77-4580. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

Sweeten, J.M. l988a. Composting manure and sludge. L-2289. Texas Agricultural Exten sion Service, Texas A&M University, College Station, TX.

Sweeten, J.M. 1988b. Groundwater quality protection for livestock feeding operations. B-1700. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University System, College Station, TX (revised 1992).

Sweeten, J.M. 1990. Feedlot runoff characteristics for land application In: Agricultural and Food Processing Wastes, Proceedings of the 6 International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes, Chicago, IL, pp 168-184.

Sweeten, J.M. y Amosson, S.B. 1995. Manure quality and economics. In: Total Quality Manure Management Manual. Texas Cattle Feeders Association, Amarillo, TX.

Sweeten, J.M., Marek, T.H. y McReynolds, D. 1995a. Groundwater quality near two cattle feedlots in the Texas high plains. AppI Eng Agric 1 1(6):845

Sweeten, J.M. y McDonald, R.P. 1979. Results of TCFA environmental and energy survey-Texas Cattle Feeders Association, Amarillo, TX.

Sweeten, J.M., Pennington, H.D., Seale, D., Wilson, R., Seymour, R.M., Wyatt, A.W., Cochran, I.S. y Auvermann, B.W. 1990. Well water analysis from 26 cattle feedyards in Castro, Deaf Smith, Parmer, and Randall counties, Texas. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University System, College Station, TX.

Sweeten ,J.M. 1976. Dilution of feedlot runoff. MP-1297. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, TX.

Sweeten, J.M. 1979. Manure management for cattle feedlots. L-1094. Texas Agricultural Extension Service, Texas A&M University, College Station, TX.

Sweeten, J.M. 1984. Utilization of cattle manure for fertilizer. In: Baker FH, Miller ME (eds) Beef Cattle Science Handbook, Vol. 20. Westview Press, Boulder, CO. pp 59-74.

TNRCC . 1995. Concentrated animal feeding operations. Control of certain activities by rule. Texas Natural Resources Conservation Commission. Tex Reg June 30, 20(50):4727-4742.

Walker, J. 1995. Seepage control from waste storage ponds and treatment lagoons. In: Proceedings, Innovations and New Horizons in Livestock and Poultry Manure Management Conference, Vol. 1, Sept 6-7, Austin, Texas. Texas Agricultural Extension Service and Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University System, College Station, TX, pp 70-78.

Wallingford, G.W., Murphy, L.S., Powers, W.L., Manges, H.L. 1974 Effect of beef feedbot lagoon water on soil chemical properties -growth and composition of corn forage. J Environ Qual. 3(1):74-78.

Wiese, A.F., Sweeten, J.M., Bean, B.W., Salisbury, C.D. y Chenault, E.W. 1998. High temperature composting of cattle feedlot manure kills weed seeds. Appl Eng Agric 14(4):377-380.

4. El estrés y las instalaciones

Los conceptos de bienestar animal no son nuevos y muchos de ellos forman parte de la estrategia empresarial para lograr productividad y eficiencia. Pero el interés creciente del consumidor por productos cuyo proceso productivo inflija el menor sufrimiento a los animales, ha instalado el tema en un nuevo plano de valor, a la altura de muchos otros atributos incluyendo la higiene, la inocuidad y la calidad.

Las pautas del bienestar animal en especies domésticas se concentran en un trato humanitario de los animales durante su vida y un sacrificio con el menor sufrimiento posible. En términos prácticos en los sistemas de engorde de vacunos, el planteo implica fundamentalmente remover el sufrimiento debido al confinamiento en condiciones deficientes, las instalaciones inadecuadas, o el manejo inapropiado.

Los sistemas pastoriles ofrecen un ámbito propicio para el bienestar de los animales porque estos tienen la oportunidad de moverse con libertad y pastorear en los potreros o parcelas poco restrictivos del espacio, generándose una imagen intrínsecamente positiva. Por ello, los requisitos de bienestar animal de la mayoría de los protocolos son fáciles de adoptar si se tienen en cuenta algunas condiciones básicas para evitar el sufrimiento en el animal. La primera es la carencia alimenticia por falta de oferta de forraje de calidad y cantidad adecuadas para el mantenimiento y el crecimiento o expresión fisiológica normal, y la segunda es la infraestructura de cercos, caminos e instalaciones.

Las pautas para encuadrarse en normativas de bienestar animal exigen de un manejo de la alimentación tal que la misma no exponga a los animales a situaciones extremas de hambre, que le generen sufrimiento y debilidad, o pongan en riesgo su vida. Se debe evitar en los rodeos de cría reducir la condición corporal de las vacas por debajo del potencial reproductivo en condiciones normales y someter a los novillos de recría a restricciones prolongadas con pérdida de peso. Pero, la complejidad de este aspecto hace necesario abordar el diseño y manejo de la alimentación de los bovinos en pastoreo específicamente en condiciones de bienestar animal, temática esta que por su extensión merece un trato especial pero se dispone de toda la tecnología de alimentación y manejo dirigida a la eficiencia y productividad para atender este aspecto.

En lo referente a infraestructura en el campo, la información es menos profusa. El marco de bienestar animal acorde a las tendencias y exigencias globales se define por manejo y diseños de instalaciones de bajo estrés. El confinamiento en sí mismo es un factor de estrés y la infraestructura de manejo debería diseñarse para minimizar los efectos estresantes.

El principio del bajo estrés

El principio fundamental del manejo compatible con el bienestar animal se basa en minimizar el nivel de estrés o lo que es lo mismo el miedo y el sufrimiento (Grandin, 1983). La reducción del estrés contribuye al mejor comportamiento productivo (Dantzer, 1983; Grandin, 1987; 1998b). Si se reduce la incidencia de enfermedades, se mejora el consumo y las rutinas del animal. Aumenta el rendimiento y la calidad del madurado de la carne pos-faena (Grandin, 1989; 1997a; Voisinet et al., 1997).

El manejo de bajo estrés consiste en lograr que los animales quieran hacer lo que nosotros pretendemos que hagan sin forzarlos a hacerlo (Grandin, 2004). Esto significa aprovechar al máximo su curiosidad y utilizar con cautela su instinto de fuga, alejarnos de situaciones de alta presión y de combate (Boissy, 1998; Boivin et al., 1992; Grandin, 2004). Para esto deberán coincidir varios factores: espacio, tiempo, instalaciones y experiencia.

Las instalaciones deben tener dimensiones compatibles con el tamaño de los rodeos a encerrar. Los grupos de animales superiores a 200 se han difíciles de manejar en corrales de aparte. Los grupos de mayor número también se hacen difíciles de arriar y manejar como un solo grupo. Aunque el tipo racial tiene mucho que ver en el comportamiento de grupal, lotes muy numerosos tienden a separarse en sub-grupos, complicando el manejo de la totalidad. El grupo es fácilmente manejable en la medida en que todo el grupo se parece en su comportamiento a un solo animal. En este sentido debemos entender los principios fundamentales del comportamiento del bovino ante una presión externa para la ubicación y el diseño de las instalaciones, y el manejo. A continuación se listan los puntos a tener en cuenta:

1. *Utilizar los principios de zona de fuga y punto de balance*
2. *Reducir alternativas de distracción o escape*
3. *Elegir diseños de fácil circulación de los animales*
4. *Evitar rampas o pendientes en corrales y mangas*
5. *Disponer de mangas, cepos, cargadores, dársenas y toriles que sean de paredes o laterales altos, lisos y totalmente ciegos*
6. *Elegir colores de pintura que promuevan a la calma*
7. *Incorporar en las mangas paneles desmontables ante emergencias*
8. *Ubicarse en la instalación para promover el movimiento hacia delante*
9. *Eliminar motivos adicionales de temor*
10. *Reducir los ruidos y acciones persistentemente intimidantes*
11. *Favorecer las rutinas tranquilas y de poco personal*
12. *Aprovechar el impulso del animal y del grupo*
13. *Adecuación de las prácticas al bajo estrés*

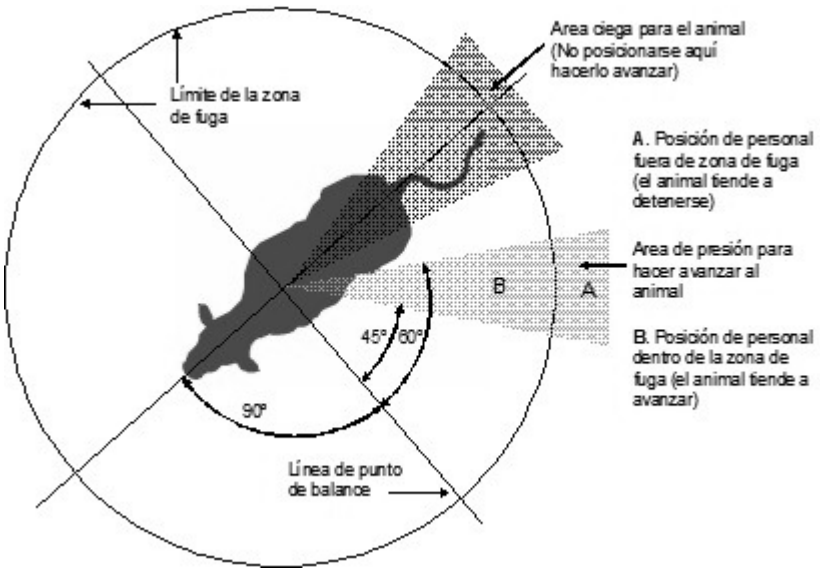
Aspectos del diseño de mangas y corrales

Zona de fuga y punto de balance. La zona de fuga es el espacio libre, imaginario y circundante al animal que éste considera su espacio vital y necesario para convivir sin estrés (Grandin, 1983; 1987; 1989, 2004). Con este espacio disponible a su alrededor el animal se siente cómodo y en la medida en que se ve reducido por la presencia de otros animales, especie o elemento, aparece el malestar o incomodidad por efecto de la invasión de su espacio. Esa invasión genera una reacción inmediata en el bovino, la fuga en el sentido opuesto a la fuente de malestar para recuperar el espacio vital. Los animales muy mansos, por ejemplo un caballo de andar, tienen una zona de fuga muy reducida, prácticamente se los puede tocar antes de que reaccionen moviéndose motivados a la fuga, la curiosidad los supera y esperan el contacto. Otros, como animales en pastoreo, son más susceptibles a la acción invasora y temerosos, y reaccionan en fuga, expandiendo rápidamente el espacio entre la fuente de presión y ellos.

El tamaño de la zona de fuga está determinado por tres factores que interactúan entre sí: raza (nerviosa o calma); frecuencia de los contacto con las personas (se ven todos los días o un par de veces al año) y la calidad del contacto con las personas (negativos o positivos) (Grandin, 1999c). Los animales tienen un gran ángulo de visión porque sus ojos están localizados a los costados de su cabeza. Este gran ángulo de visión les permite mirar alrededor de ellos, siendo su campo de visión de 300 grados, pero tienen un sitio oscuro inmediatamente detrás de ellos (zona ciega), que escapa a su visión periférica. Los rumiantes tienen una profunda percepción cuando están parados con la cabeza para abajo (Grandin, 1999c).

El otro concepto que debemos clarificar es el del punto de balance. Es una línea imaginaria, transversal y horizontal, a la altura de la paleta u hombro del animal (Grandin, 1987, 1997b). Si nos posicionamos por delante de este punto es probable que el animal retroceda en lugar de avanzar, y si nos posicionamos por detrás el animal avanzará. En ambas posiciones el animal nos está viendo. Un modelo de movimiento a emplear es aquel en donde los animales se mueven hacia delante cuando nosotros pasamos el punto de balance en dirección opuesta al movimiento deseado. Para lograr el movimiento sostenido del animal es conveniente colocar-

se por detrás del punto de balance (en sus flancos) y antes de entrar en la zona ciega. Si nos colocamos en ese lugar el animal reacciona dándose vuelta para poder ubicarnos y estar alerta a nuestros actos pero se detiene y cambia el sentido del flujo. Si el animal nos ve con ambos ojos puede ocurrir que estemos muy lejos o demasiado cerca. Tomando como el modelo de movimiento, puede reducirse el uso de picanas eléctricas, látigos o hierros. Por razones de seguridad y bienestar, el uso de picanas debería ser reducido tanto como fuera posible. Ayudadores de manejo como varillas plásticas o banderas deberían ser usados con tranquilidad para hacer girar y avanzar a los animales (Grandin, 1997b).



Esquema de ubicación de punto de avance, área ciega, límite de zona de fuga y posiciones de manejo. (Grandin, 1987, 1997b)

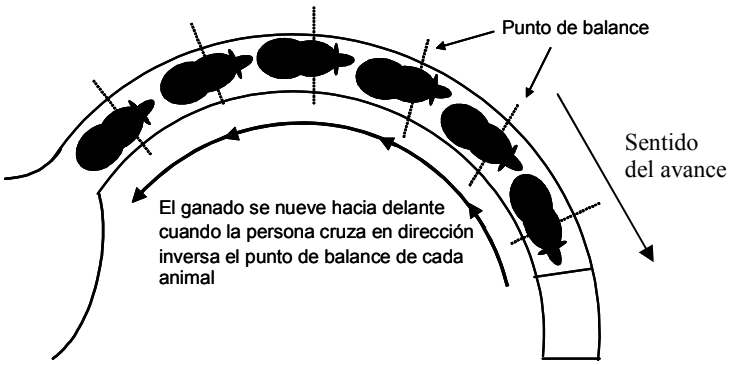
Los corrales de manejo demasiado grandes o demasiado pequeños son inadecuados. Los muy grandes promueven a la fuga ante la menor presión, los muy pequeños comprometen demasiado rápido el espacio de fuga y los animales se estresan y descontrolan. El error más frecuente es el de encerrar muchos animales, ellos necesitan espacio para girar. Cuando son encerrados el corral debería estar medio o tres cuartos lleno. De nuestra parte, es el factor crítico, no le damos tiempo a encontrar la alternativa de escape y que pretendemos sea la adecuada. En la mayoría de los casos las instalaciones no han sido diseñadas para manejos de bajo estrés animal. En Argentina el 99% de las instalaciones (corrales de encierre y aparte, mangas, etc.) no se comparecen con pautas técnicas de bienestar animal y menos el manejo común en corrales.

La experiencia en el conocimiento de las conductas y reacciones de los animales en las personas involucradas es un elemento fundamental en el manejo. Las personas con desconocimiento, miedo e indecisiones confunden al animal y consecuentemente lo atemorizan. Un animal solo en un corral pequeño puede ser muy peligroso y atacar a las personas. Una persona nunca debería estar dentro de un corral con uno o dos animales espantados. (Grandin, 1987, 1989, 1997b,1999c).

Los mismos conceptos de zona de fuga y punto de balance aplicados a un animal son aplicables a los grupos o lotes (Grandin, 1984). Un lote de animales en movimiento tiene una estructura similar a la de un individuo: una cabeza, un cuerpo y una cola. La mejor forma de mover un lote es presionar con intermitencia sobre la parte posterior a un punto imaginario de balance ubicado en el primer tercio del grupo (Grandin, 1980; 1983). Si nos ubicamos detrás es probable que el grupo cabeza no detecte nuestra presencia y el sentido de nuestro movimiento y comience a perder el rumbo. También va a ocurrir que se den vuelta varios animales

de la retaguardia para vernos. Desde un costado se mantiene una presencia más visible y una mejor definición de la dirección del movimiento.

El grupo se moverá como un animal tratando de expandir su zona de fuga y ese esfuerzo es el que aprovechamos para estimular el movimiento, pero debemos liberar la presión deteniéndonos o retrocediendo para hacer saber al grupo que muestra presión es limitada y premia el desplazamiento en las condiciones en que se realizó.



Ubicación de los puntos de balance y sentido del movimiento del operario que lo mueve hacia delante (Grandin, 1987)

Alternativas para la distracción y escape

Las alternativas de distracción o escape deben ser reducidas y controladas. Toda la investigación en el tema coincide en que los corrales y mangas deben ser altos y ciegos para evitar que los animales vean actividad y a otros animales fuera de su área (Grandin, 1980, 1989, 2004). Esto genera menos distracciones y alternativas de fuga y menor motivo de temor. Se sugiere que las mangas y los toriles, o círculos de encierre previos a la manga, sean totalmente ciegos, incluyendo la puerta o tranquera de cierre y las trancas o puertas de la manga. El animal tiene una amplia capacidad de visión periférica pero es demasiado limitado en la definición de colores y sombras (Grandin, 1987). Confunde sombras con agujeros o huecos y los perturba el juego de luces y sombras de proyecciones de enrejados o instalaciones con costados semi-cubiertos de listones de madera o planchuela de hierro (típicos en nuestros diseños comerciales). En los sistemas de paredes ciegas el animal encuentra al sitio como un ámbito de cierta incomodidad del que prefiere alejarse y elige la vía única disponible, la entrada a la manga.

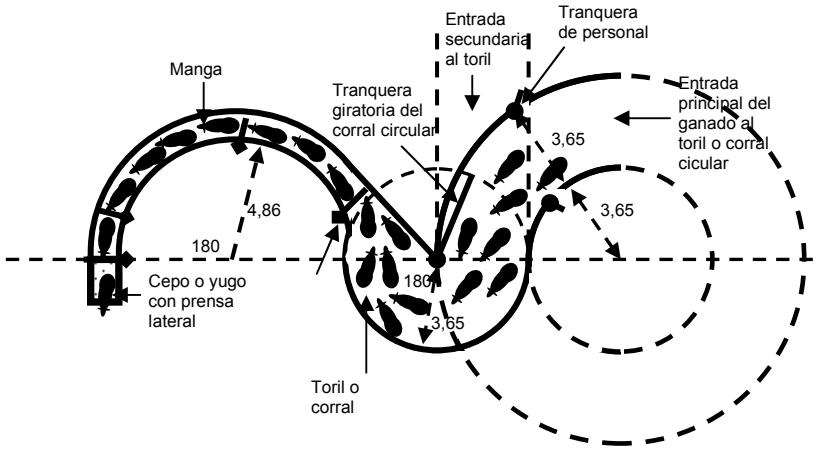
Por su parte los toriles de alambre, tan comunes en nuestros establecimientos, son las estructuras menos recomendables ya que combinan el encierro con una amplia visión hacia el exterior, confusión de movimientos y sombras con alternativas de escape, además de la entrada a la manga, a través de los hilos de alambre, por encima del alambrado o la tranquera. Estas estructuras invariablemente conducen al manejo de alta presión basado en el miedo, con golpes, gritos, puntazos, latigazos, mordidas y picanas. El animal termina eligiendo la entrada de la manga como vía de fuga no por incomodidad sino ya por malestar intolerable, sufrimiento o pánico.

Toriles y mangas curvos

La circulación en formas curvas es más eficiente y menos estresante para el animal. Se recomienda que las instalaciones tengan formas curvas (Grandin, 1980; 2004). Incluyendo el toril de encierre previo a la manga, la curvatura debe plantearse de tal forma que los animales transiten en un mismo sentido curvo hacia la manga y a través de ésta, en una circunferencia de 180 grados,

viendo delante de sí dos animales y medio. La curvatura explota la sensación de los animales de volver al punto de partida y la curiosidad de seguir a los que les preceden. A su vez, la forma curva impide al animal que entra ver lo que le ocurre a los animales que se encuentran más adelante.

Pero el animal debe intuir la posibilidad de una salida, de lo contrario retrocede descartando esa vía de escape (Grandin, 1989). Por ello, los corrales y mangas con curvas muy pronunciadas no son convenientes porque retrasan o alteran el movimiento normal. Las mangas demasiado curvas parecen no tener salida y provocan el retroceso de los animales. El corral redondo (o semi circular) de encierre debería tener un radio ideal de 3,5 a 4 metros. Una puerta giratoria de mayor tamaño es demasiado grande y difícil de manejar. Una de menor largo es demasiado pequeña porque obliga a un corral muy chico.



Diseño de toril y manga curva (Grandin, 2004; Colorado, USA)

Rampas o pendientes

Las rampas y pendientes pronunciadas deberían evitarse. El vacuno se mueve bien en superficies planas horizontales o en pendientes suaves y largas (Grandin, 1989, 2004). De ser posible debería explorarse la posibilidad de instalar los sitios de carga y descarga tipo dársena, donde el camión se ubica en un plano más bajo que los animales de tal forma que estos ingresan o salen del camión sin ascender o descender rampas o cargadores. Este concepto es poco conocido en Argentina y poco factible de incorporar en instalaciones ya ubicadas en sectores planos, pero en sitios donde los desniveles del terreno permiten planear más de un plano horizontal, sería bueno verificar la posibilidad de generar dos niveles, uno para los corrales y otro de acceso del camión (sin bajar éste a un pozo o depresión de la que no pueda salir cargado).

De ser inevitable el uso de rampas para que el animal ascienda al camión, el principio de la manga curva se mantiene. El animal ingresa mejor y más rápido al camión si no ve lo que ocurre dentro de éste hasta no estar prácticamente en la puerta de ingreso. Deberían ser cargadores ciegos, altos, de piso firme (evitando las rampas de madera o hierro y chapa que no están apoyadas sobre tierra o concreto en su totalidad) (Grandin, 1997a). El movimiento del piso y la sensación del piso en movimiento atemorizan y paraliza al animal (Grandin, 1989; 1997a). Este es otro punto donde la presión de personal se hace sentir para continuar con el flujo de la carga, pero se paga con mayor estrés, consumo de glucosa y peor calidad de carne.

El cargador o manga de carga de los animales puede estar conectada a la manga central directamente en un desvío de esta o tener su propio toril o corral. En ambos casos las estructuras deberían ser también ciegas, de paredes lisas y altas para evitar distracciones y alternativas de fuga (tampoco nuestras instalaciones se caracterizan por estas condiciones).

Interiores de mangas y corrales

Las caras internas de mangas y corrales deberían ser de paredes lisas y ciegas. Las paredes de mangas y corrales de alta presión (toril) deben ser lisas, sin bordes, puntas o formas angulares que por un lado generan puntos de atascamiento de los animales y, por otro, son sitios de golpes y contusiones que lastiman al animal (Ewbank, 1993; Grandin, 1987, 1989, 2004). Los filos o bordes de chapas u otras estructuras deben ser eliminados (incluso las soldaduras incompletas o espacios entre puertas y otros elementos de cierre). Estos requisitos conducen al uso de chapa de buen espesor y tubo de hierro en la construcción de mangas y toriles. El uso de planchuelas u otro tipo de hierro debe planearse evitando el contacto de partes filosas o agudas con el animal o con el personal. El suelo debería ser de superficie antideslizante, como pisos de concreto en áreas de alto tránsito, para evitar que los animales se resbalen y entren en pánico.

Los colores de las instalaciones

Los colores deberían ser tenidos en cuenta. Si bien la investigación en cuanto al estímulo de los colores en bovinos dista de ser completa. Se han identificado colores que promueven a la fuga y colores que calman al animal (Grandin, 1980; 1989). Entre los que promueven a la fuga, aquellos de los que el animal huye, se encuentra el amarillo intenso. El amarillo es el más efectivo en banderines o varillas con flecos de plástico para agitar desde afuera del toril para hacer mover a los animales hacia la manga. Por otro lado, si no queremos llamar demasiado la atención y alterar en exceso a los animales, deberíamos evitar toda vestimenta con colores amarillos (amarillo patito). Entre los colores que estimularían a la calma se encuentra el beige tipo arena u oro y resulta bastante similar el marrón claro (color madera).

Paneles desmontables en la manga

Deberían incorporarse sitios de desmontaje y escape. Particularmente en las mangas, deberían incluirse sectores de la manga (opuestos al lado de manejo o mayor actividad del personal) fáciles de desmontar por completo con el objeto de aliviar a animales caídos, golpeados o estresados (Grandin, 1987). Esto evitaría las luchas con cuerdas, pecheras y cadenas comunes en mangas donde los animales se "volean" o "encajan".

La disposición de la manga

La dirección del flujo de la manga debe ser en sentido inverso a la luz de frente. En los casos de mangas en interior, con luz de alta intensidad, o al aire libre, debe evitarse la luz de frente al flujo de los animales. Los animales avanzan muy mal con luz en contra porque se encandilan, la luz les molesta y dejan de ver con claridad hacia adelante (Grandin, 2004). La instalación de mangas y cargadores al aire libre debe prever este aspecto ubicando las instalaciones hacia el sur u oeste, dependiendo de las horas de mayor trabajo. El sol de costado afecta menos que de frente y debería evitarse el sur por circulación de vientos u otra limitante, la disposición hacia el oeste podría ser la conveniente ya que la mayoría de las actividades de manga ser realizan durante la mañana y la primera parte de la tarde.

El diseño de los corrales de manejo

Los corrales de manejo de la hacienda deberían plantearse para la mayor funcionalidad teniendo en cuenta las consideraciones anteriores. Deberían diseñarse a partir de la mejor ubicación para la manga de trabajo y embarcadero. Sería conveniente que se plantee un toril "reloj" (semicircular) de encierre previo a la manga y la comunicación hacia éste con un mangón amplio pero no superior al ancho de una tranquera de 3,5 a 4 m con tránsito también semicircular. El concepto de instalaciones con formas de semicírculo o que promueven al movimiento en círculo cuesta ser integrado a los esquemas rectangulares de la mayoría de los diseños a los que estamos acostumbrados. Sin embargo, estos diseños han sido probados más eficaces que los tradicionales (Grandin, 1997b, 2004).

Elementos de distracción

Es conveniente eliminar todo elemento que sea motivo de distracción y sea atemorizante. Elementos motivo de distracción en los corrales de encierre son frecuentes en la mayoría de los establecimientos. Bolsas, trapos, camperas, chapas, sogas y cadenas que hacen ruido con el viento, se mueven o proyectan sombras son comunes en lugares donde transitan personal. Estos elementos son un fuerte motivo de distracción para los animales, detiene el movimiento del grupo y altera el flujo en la dirección deseada (Grandin, 1997a, 2004). Otro elemento de efectos altamente indeseables, es el perro. Aunque casi siempre defendido por "sus virtudes y asistencia en el manejo del ganado" , el perro es uno de los factores de mayor estrés y desorganización en el movimiento, encierre y manejo de bovinos.

Los corrales cerca de la casa, galpones u otras instalaciones, son también frecuentes en la mayoría de las explotaciones. Pero éstas son ubicaciones inadecuadas desde el punto de vista del bienestar animal. Son elementos generadores de distracción y estrés, máxime si se mueven tractores, camiones, y por sobretodo personas.

Ruidos intimidatorios

Se deben reducir los ruidos y acciones intimidantes. El bovino es un animal naturalmente manso y propenso a la fuga. Utiliza la fuga hacia la manada y la fuga en manada como la estrategias básicas de superación de momentos estresantes, de malestar, de sufrimiento y como mecanismo de supervivencia. Es en general un animal que no está dispuesto al combate por espacios

con otras especies si no se encuentra sin posibilidad cierta de escape, o sin que se haya invadido su espacio mínimo vital (Grandin, 1980; 1999b).

Los ruidos de máquinas, tractores o camiones fuera de los propios de la rutina de alimentación, los gritos (por encima del nivel de conversación normal) o ladridos colocan al animal en alerta y lo disponen a la fuga (Ames, 1974). Hay que abstenerse de gritarles o chiflarles, o de dar golpes de azote. Los gritos, siseos o silbidos no son los recursos más convenientes para hacer notar nuestra presencia o movilizarlos. Los bovinos son más sensibles que la gente a los sonidos agudos. Son especialmente sensibles a sonidos de 8000 hz y más sensibles que los humanos a sonidos de 7 a 8000 hz (Grandin, 1998a; 1999b). El ruido persistente y caótico (gritos, silbidos, ladridos, golpes de palos contra estructuras metálicas o rebencazos) impide al animal la comprensión de los límites del contexto y el temor se incrementa, aún en sectores del corral distantes de la manga o el sitio específico de trabajo. Esa acumulación progresiva de estrés y alerta reduce la tolerancia del animal a nuestra presencia (se incrementa progresivamente nuestra invasión al área de fuga sin que físicamente estemos en ella). Esa circunstancia puede terminar en animales sorpresivamente agresivos y descontrolados, cuando son naturalmente calmos (Grandin, 1998b).

Los ruidos metálicos o de golpes deben ser amortiguados, y los sistemas hidráulicos deben ser silenciosos, diseñándoselos para evitar las frecuencias sonoras para las cuales el ganado es especialmente sensible. En las mangas, el choque de las barras laterales debe ser amortiguado con protectores de goma (Grandin, 1987; 1998b). En la medida de lo posible, se debería eliminar los golpes de cualquier índole. El efecto inmediato puede ser el esperado (que el individuo se doblegue y acceda a nuestro propósito), pero los efectos postergados son siempre negativos. Se incrementa la reticencia al ingreso a los corrales y en particular al toril y la manga (Grandin, 1998b), aumenta la proporción de animales con músculo negro (bajo contenido de glucógeno y maduración inadecuada) a la faena (Voisinet et al., 1997). El animal recuerda situaciones de tensión, malestar y sufrimiento (Grandin, 1999c) y explora alternativas para evitarlas. El ejercicio repetido del mismo trato, promueve progresivamente al animal a la elección cada vez más rápida de rutinas y respuestas (ej. atravesar un alambrado, saltar una tranquera o encarar al individuo que los acosa). Ese comportamiento es imitado por otros animales y genera hábitos o vicios en los rodeos que son difíciles de eliminar.

Los perros deberían desaparecer del área en los sistemas intensivos. El nivel de estrés al que pueden llegar los animales gordos a partir de un grito, un bocinazo o un alarido puede provocar muertes súbitas por picos de presión e infarto (similar a aves en criadero). Sin llegar a ello, los trastornos subclínicos por picos de presión pueden dejar secuelas que al corto plazo redundan en deficiencias de irrigación cerebral o cardíaza y comportamientos anormales, depresión del consumo y compromiso del sistema inmunológico (Grandin, 1992; 1997; Fulkerson y Jamieson. 1982; Boissy, 1998).

Rutinas

Todos los vertebrados son condicionados por el miedo. La hipófisis en el cerebro, es el sistema central involucrado en el comportamiento interactivo y la adquisición del miedo condicionado. Un simple evento agresivo puede romper el equilibrio con el entorno y disparar la respuesta al miedo condicionado, pero eliminar la respuesta al miedo es mucho más dificultoso porque para ello el animal requiere de un activo proceso de aprendizaje.

El estrés durante la rutina de manejo puede ser reducido si los animales son condicionados gradualmente al manejo. La respuesta al miedo en una situación particular es difícil de predecir porque depende de las experiencias vividas (Grandin, 1997a). Si los bovinos son pasados a través de la manga todos los días y durante varios días, éstos comenzarán a calmarse en cada día sucesivo, porque aprenden a pasar a través de ella y le pierden temor, siempre que las experiencias no sean traumáticas. El ganado tiene una excelente memoria, recuerda experiencias agresivas y dolorosas pudiendo resistirse a entrar en las instalaciones cuando una situación adversa ha ocu-

rrido. Una animal que nunca ha visto a una persona caminando, puede volverse miedoso cuando la ve dentro del corral (Grandin, 1999c).

La tranquilidad en las personas involucradas y el conocimiento del manejo es fundamental para reducir el nivel de estrés. Es conveniente reducir el número de personas y partes de equipos o infraestructura en movimiento al mínimo indispensable. De la misma forma que los ruidos, los movimientos rápidos y erráticos, no rutinarios y de varias personas, incrementan rápidamente el nivel de estrés en los corrales. Los bovinos tienen una alta capacidad de visión periférica, la que les permite acceder a un campo visual mas ancho que el nuestro, pero por ese mismo motivo puede estar con contacto visual con un mayor número de eventos ocurriendo a su alrededor (Grandin, 2004; Grandin, 1987a). Es importante que pocas personas y siempre las mismas realicen las rutinas en los corrales o alrededor de éstos. El menor número de personas, con la mayor tranquilidad y rutina, y la menor generación de ruidos sería el manejo más adecuado. La sola presencia de la persona con movimientos concretos y bien dirigidos, explotando su propensión a la fuga y al distanciamiento del foco de presión, permite moverlos. Muchas personas en un corral o intentando arriar generan tensión, malestar en el animal por tener que estar atento a un mayor número de posibles agresores en movimiento.

El factor de presión no necesita ser necesariamente una corrida, ruido o golpe, simplemente el acercamiento de a pié o a caballo, la detención del movimiento y la mirada pueden generar la incomodidad suficiente para que el animal reanude su marcha o se dirija en el sentido deseado (Grandin, 2004). Es importante que toda acción de presión con el acercamiento al animal sea removida en cuanto el animal procede en el sentido de nuestro interés. Mantener la presión incrementa el temor y puede tornarse insoportable volviendo el animal hacia nosotros. Este efecto se verifica fácilmente durante un aparte a corral o en un movimiento de lotes a caballo. En cuanto el animal comienza su movimiento en la dirección deseada, es conveniente mantenerse quieto o incluso retroceder haciéndole saber de esta manera que ese es un movimiento correcto y que le permite liberarse del malestar momentáneo que le causamos (Grandin, 1998b). Presión y liberación de presión en forma inmediata a la acción del animal en el sentido indicado es la clave del movimiento sin estrés. Los animales aprenden el sistema y no se atemorizan porque saben que al momento de presión le sobreviene la liberación de la misma.

La estrategia del manejo a alta presión, o de combate, debería evitarse, ya que el costo/beneficio es demasiado alto (Grandin, 1987a). Además de alterar a toda la tropa, se corre el riesgo de accidentase y accidentar al animal, además del gasto energético que significa para ambas partes. En los casos de mucha tensión generada en el animal, es conveniente liberarlo de la presión rápidamente removiéndonos del sitio y permitiéndole acceder a un grupo tranquilo. En manejo de animales de baja tolerancia al estrés se hace más fácil cuando se los mezcla previamente y deja un tiempo de adaptación a un grupo que conoce el sitio, las instalaciones y ha experimentado el manejo en el campo. Es probable que junto a este grupo tienda a comportarse como ellos. Nunca deberíamos intentar manejarlos solos o apartados.

El impulso del animal

El impulso del animal y del grupo debe ser aprovechado. Debemos saber anticipar (intuir) las reacciones y movimientos del animal o el grupo y aprovecharse el flujo de los animales en movimiento (Grandin, 1987, 1989). Para ello, el animal requiere de espacio, tiempo y una salida y nosotros debemos estar preparados para no generar movimientos o estar en lugares que interfieran en ese impulso.

Si hay mucho personal o poco entrenado para estar atento al movimiento de los animales y detectarlo es muy posible que presione en exceso o desaproveche la oportunidad. Es muy probable que alguna persona esté en el lugar equivocado o tenga la reacción incorrecta y genere distracciones y alteraciones en el movimiento de los animales. Esto ocurre con frecuencia en man-

gas con personas que están con actividades poco definidas o en arreos con demasiada gente a caballo y roles no claros.

El ritmo lo imponen los animales cuando no se detienen pero no se apuran ni se resisten, agolpan o apiñan. Los corrales muy llenos o los arreos con lotes demasiado grandes pueden generar complicaciones. El movimiento en función de su ritmo puede considerarse lento pero en varias evaluaciones pudo observarse que el aceleramiento con mayor presión genera desorden y malestar que requieren de tiempos adicionales para su reorganización o reparación. El tiempo invertido no disminuye y el riesgo de contusiones y accidentes crece significativamente.

Adecuación de las prácticas al bajo estrés

Indicadores del malestar son: intentos de escape, vocalización, pateo o lucha. Otras medidas de percepción del animal de un procedimiento de manejo son las pruebas de elección y de aversión. Medidas omunes de estrés son niveles de cortisol, de endorfinas y el ritmo cardíaco. El nivel de cortisol es un indicador muy usado para evaluar efectos inmediatos del estrés (Grandin, 1997a).

El manejo de la sanidad es otro ámbito de relación directa con el bienestar animal (Ewbank, 1993, Grandin, 1987; 1998b, 2004). Animales sanos son la base del bienestar. Pero las formas de la aplicación del plan sanitario puede ser un factor comprometedor del bienestar en sí mismo. La aplicación de inyecciones por vacunas, antibióticos y antiparasitarios es otro factor altamente estresante. La inyección de fármacos es necesaria y obligatoria en muchos casos, pero debe hacerse con los principios de mayor eficacia y menor dolor. Ello implica la aplicación en el sitio indicado en el momento correcto y por el personal entrenado (Becker at al., 1997; Grandin, 1987).

La aplicación excesiva de inyectables debe ser evitada. La investigación transita en este aspecto hacia las vacunas orales y nasales para reducir los pinchazos y sus consecuencias secundarias (infecciones localizadas, machucones, reacciones alérgicas, etc.) La normativa de protocolos que incluyen el bienestar animal es específica en la información relativa a las drogas permitidas y las formas de aplicación. La aplicación de inyecciones puede causar daños a la carne, reduciendo el rendimiento (por decomiso de cortes) y pérdida de terneza (George et al., 1995b; Dexter et al., 1995b). Los daños en el músculo causados por inyecciones perduran por mucho tiempo. Las inyecciones dadas a los terneros, en el momento de la marcación y el destete, pueden causar daños en la carne visibles en el novillo un año y medio más tarde (George et al., 1995 a,b). George et al. (1995a) encontró que las inyecciones en el músculo pueden causar una esfera de tejido cicatrizante de dureza del tamaño de una pelota de béisbol. El manejo tranquilo del ganado es importante porque facilita dar correctamente las inyecciones subcutáneas cuando el ganado está parado en la manga. Cuando el ganado está agitado, se hace más difícil, la aplicación de la inyección en la posición correcta sobre la tabla del cuello, para ayudar a prevenir el daño en la carne.

El ganado agitado se golpea en la manga causándose destrucción de la musculatura externa de la paleta. Smith et al. (1992) observó que cada vez más los feedlots están inyectando los novillos y las vaquillonas en el cogote para evitar el daño en los cortes más valorados de la res. Hoy, sumados a los golpes, la mitad de las lesiones aparecen en los cortes más caros del cuarto trasero, han ocurrido antes de que los animales ingresen en un feedlot (Boleman et al., 1998). La ocurrencia de daños en el tejido muscular representa un problema de "control de calidad" y una pérdida económica en la industria de la carne (Lambert, 1991).

Otro factor de estrés y sufrimiento del animal son la identificación (las marcas a fuego, la señal en oreja en primer lugar y luego las colocación de caravanas), y el descornado (por corte) (Schwartzkoph et al., 1997). El uso de la marca o la señal es por ahora insustituible en Argentina y expone al animal a un momento de sufrimiento. Se propone que ese trabajo sea rápido y limpio. Por otro lado, la señal en la oreja debería elaborarse con un señalador, u otro implemento de corte

rápido y limpio, de tamaño grande lo suficiente para que sea visible, pero sin remover una fracción importante de la oreja (ej. evitar los despuntes o cortes de ½ oreja. Se sugiere desinfectar el área de la señal en la oreja previamente y después del corte.

En el caso de la marca a fuego se debería no exagerar para no deteriorar el cuero además de hacer sufrir excesivamente al animal. El sitio de aplicación debe restringirse al área del cuadril sin llegar al lomo, al vacío o al costillar. De no ser obligatorio por motivos sanitarios o de otro tipo (control), se debería evitar toda marcación en la cara y zonas de alta sensibilidad del animal. La marca a base de frío o enfriada en hielo seco o nitrógeno líquido es una alternativa menos traumática y tanto o más perdurable que la marca a fuego. Se basa en destruir por congelado los folículos productores de pelo y células de la pigmentación en el animal, quedando la marca visible por carencia de pelo y pigmentación en el área tocada. Sin embargo, su uso no se ha difundido en rodeos comerciales porque el costo de los insumos y la infraestructura necesarios (conservadoras y termos con hielo seco o nitrógeno líquido y marcas apropiadas). También se requiere de pelar el cuero previo a la aplicación para generar un buen contacto entre éste y el elemento marcador.

La colocación de caravanas es menos traumática que la marca a fuego pero puede ser un evento de mucho sufrimiento para el animal si se encepa mal, con fuerza desmedida o se alimenta el temor del animal con golpes y gritos. Para una colocación prolija y limpia de la caravana sería conveniente pelar previamente. Otros métodos como el implante de chips podría resultar menos traumático aunque de todas formas implica el encepado del animal y su inmovilización para la inserción del implante.

Todo contacto visual y olfativo con la sangre de otro animal debería ser evitado. En particular, los casos en que la presencia de sangre acompaña a situaciones de alto estrés en la manga o corrales (castraciones, curaciones, traumatismos, etc.), y máxime si el factor generador de tal exposición es una enfermedad para evitar contagios. Es recomendable evitar toda posible asociación en los animales entre el sufrimiento y la muerte y el manejo de rutina en el feedlot, incluso de las personas. Aquellas vinculadas a las rutinas diarias tales como la alimentación y el chequeo diario no deberían ser las mismas involucradas en situaciones traumáticas.

El animal moribundo o muerto es un factor de estrés en los corrales. Ese individuo debe ser rápidamente retirado del sitio y trasladado a un lugar alejado de los corrales. El sitio de incineración de animales muertos debe ser planeado y preparado para evitar improvisaciones el día en que ocurren casos de muerte.

Bibliografía

Ames, D.R. 1974. Sound stress and meat animals. Proceedings of the International Livestock Environment Symposium. American Society of Agricultural Engineers SP-0174. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI, p. 324.

Becker, B.G. y Lobato, J.F.P.. 1997. Effect of gentle handling on the reactivity of zebu cross calves to humans. Appl. Behav. Sci. 53:219.

Boissy, A. 1998. Fear and fearfulness in determining behavior. En: Genetics and the Behavior of Domestic Animals. T. Grandin, (Ed.). Academic Press, San Diego, CA, p. 67.

Boivin, X., LeNeindre, R., Chupin, J.M., Garel, J.P. y Trillat, G. 1992. Influence of breed and early management on ease of handling and open-field behaviour of cattle. Appl. Anim. Behav. Sci. 32:313.

Boleman, S. L., Boleman, S. J., Morgan, W. W., Hale, D. S., Griffin, D. B., Sawell, J.W., Ames, R. P., Smith, M. T., Tatum, J. D., Field, T. G., Smith, G. C., Gardner, B. A., Morgan, J. B., Northcutt, S. L., Dolezal, H. G., y Ray,F. K. 1998. National beef quality audit-1995: Survey of produce-related defect and carcass quality and quantity attributes. J. Anim. Sci. 76:96-103.

Dantzer, R. y Mormede, P. 1983. Stress in farm animals: A need for re-evaluation. J.Anim. Sci. 57:6.

Dexter, D.., Cowman, G. L., Morgan, J. B., Clayton, R. P., Tatum, J. D., Sofos, J. N., Smith, G. R., Glock, R. D., y Smith, G. C. 1995. Incidence of injection-site blemishes in beef top sirloin butts. J. Anim. Sci. 72:824-827.

Ewbank, R. 1993. Handling cattle in intensive systems. En: Livestock Handling and Transport. T. Grandin, (Ed.). CAB International, Wallingford, UK, p.59.

Fulkerson, W.J. y P.A. Jamieson. 1982. Pattern of cortisol release in sheep following administration of synthetic ACTH or imposition of various stress agents. Australian J. Biol. Sci. 35:215.

George, M. H., Heinrich, P. E., Dexter, D. R., Morgan, J. B., Odde, K. G., Glock, R. D., Tatum, J. D., Cowman, G. L., y Smith, G. C. 1995a. Injection-site lesion in carcasses of cattle receiving injections at branding and at weaning. J. Anim. Sci. 73:3235-3240.

George, M. H., Morgan, J. B., Glock, R. D., G., Tatum, J. D., Smith, G. R., Sofos, J. N., Cowman, G. L., y Smith, G. C. 1995b. Injection-site lesion: tissue histology, collagen concentration, and muscle tenderness, in beef rounds. J. Anim. Sci. 73:3510-3518.

Grandin, T. 1980. Observations of cattle behavior applied to the design of handling facilities. Appl. Anim. Ethol. 6:9.

Grandin, T. 1983. Livestock psychology and handling facility design. En Beef Cattle Sci. Handbook, 19, Winrock International, Morrilton, Arkansas.

Grandin, T. 1984. Reducing stress of handling to improve productivity of livestock, Vet. Med. Small Anim. Clinic, 79: 827-831.

Grandin, T. 1987. Animal Handling. En: Veterinary Clinics of North America. Vol.3. E.0. Price (Ed. W. B. Saunders). Philadelphia, PA, p. 323

Grandin, T. 1989. Behavioral principles of livestock handling. Prof. Anim. Sci. 5:1.

Grandin, T. 1992. Behavioral agitation is persistent over time. Appl. Anim. Behav. Sci. 36:1.

Grandin, T. 1997a. Assessment of stress during handling and transport. J. Anim. Sci.74:249.

Grandin, T. 1997b. The design and construction of facilities for handling cattle. Livestock Prod. Sci. 49:103-119.

Grandin, T. 1998a. Reducing noise to improve livestock handling. Meat and Poultry, April, p. 60.

Grandin, T. 1998b. Reducing stress improves both productivity and welfare. Prof. Anim. Scientist. 14(1):1-10.

Grandin, T. 1999a. McDonalds motivates beef packers to improve handling practices. Meat and Poultry, October, p.101.

Grandin, T. 1999b. Move animals easily by using flight zone principles. Meat and Poultry, August p.71.

Grandin, T. 1999c. Safe handling of large animals (cattle and horses). Occupational medicine: State of the Art Reviews. Vol 14, Nº 2, April – June

Grandin, T. 2004. Principles of handling grazing animals. In G.J. Benson and B.E. Rollin (Editors): The Well-Being of Farm Animals, Challenges and Solutions. Blackwell Publishing, Ames, IA. pp. 145-166.

Lambert, C. D. 1991. Lost opportunities in beef production presented to the International Stockmen's School. February 14, 1991, in Houston, Texas. National Cattlemen's Association, Englewood. C O.

Schwartzkoph-Genswein, K S., Stookey, J.M. y Welford, R.. 1997. Behavior of cattle during hot-iron and freeze branding and the effects of subsequent handling ease. J. Anim. Sci. 75:2064.

Smith, G., Sawell, C.J.W, Clayton,R. P., Field, T. G., Griffin, D. B., Hale, D. S., Miller, M. F., Montgomery, T. H., Morgan, J. B., Tatum, J. D., y Wise, J. W.. 1992. En: G. C. Smith (Ed.) The final report of national beef quality audit – 1991. P 236. Colorado State University, Fort Collins and Texas A&M University, College Station.

Voisinet, B.D., Grandin, T., Tatum, J.D., O'Connor, S.F. y Struthers, J. J. 1997. Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily weight gains than cattle with excitable temperaments. J. Anim. Sci. 75:892.